

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero
Mecánico Automotriz**

PROYECTO TÉCNICO

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA QUE TIENE EL GRADO DE
PENDIENTE DE LAS VÍAS EN LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO
ELÉCTRICO MEDIANTE ANÁLISIS EXPERIMENTAL”**

AUTORES:

**LATA ASACATA LUIS ALFREDO
QUINTUÑA MORA HERMEL LEONEL**

TUTOR:

ING. MILTON OSWALDO GARCIA TOBAR M. SC.

Cuenca-Ecuador

2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Luis Alfredo Lata Asacata, con documento de identificación N°0705002871, y Hermel Leonel Quintuña Mora, con documento de identificación N°0104619861, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo de Titulación: “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA QUE TIENE EL GRADO DE PENDIENTE DE LAS VÍAS EN LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE ANÁLISIS EXPERIMENTAL”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Mecánica Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2018



Luis Alfredo Lata Asacata

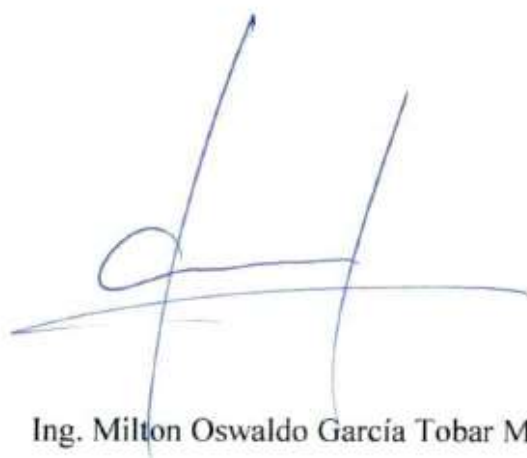


Hermel Leonel Quintuña Mora

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación: “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA QUE TIENE EL GRADO DE PENDIENTE DE LAS VÍAS EN LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE ANÁLISIS EXPERIMENTAL”, realizado por los autores. Luis Alfredo Lata Asacata y Hermel Leonel Quintuña Mora, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'M' and 'G' intertwined, with a horizontal line crossing through them.

Ing. Milton Oswaldo García Tobar M.Sc.

0104282181

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Luis Alfredo Lata Asacata, con documento de identificación N°0705002871, y Hermel Leonel Quintuña Mora, con documento de identificación N°0104619861, autores del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA QUE TIENE EL GRADO DE PENDIENTE DE LAS VÍAS EN LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE ANÁLISIS EXPERIMENTAL” certificamos que el total contenido del Proyecto Técnico, son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, febrero del 2018



Luis Alfredo Lata Asacata



Hermel Leonel Quintuña Mora

AGRADECIMIENTO

De una forma muy especial quiero agradecer a Dios por darme la bendición más grande de mi vida a mi familia y amigos.

A mis queridas familias Segundo, Fanny, Anabel, Silvana y Jamileth por su cariño y apoyo en todos los desafíos que he afrontado en mi vida.

Al Ing. Milton García por su guía y confianza durante el desarrollo de nuestro trabajo de titulación.

Al Ing. Adrián Sigüenza por compartir sus conocimientos que contribuyeron con la culminación de nuestro trabajo de titulación.

A mi primo Edison Otavalo que me guio desde niño por haberme dedicado su tiempo, paciencia y gran amistad.

A Nathaly, Byron, Darío, Carlos, Xavier, Agustín, Jonathan y Mauricio por su cariño y amistad.

Hermel Leonel Quintuña Mora

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme vida y salud, por haberme dado la fortaleza para lograr culminar mis estudios.

A mis padres Manuel y Juana, por ser los pilares fundamentales en mi vida, por estar siempre apoyándome es gracias a ustedes que he logrado culminar mis estudios. Gracias por darme la oportunidad de estudiar y por toda la confianza que han depositado en mí.

A mi hermano Cesar, a pesar de las diferencias que en ocasiones tenemos siempre me has sabido brindar tu apoyo.

Al Ing. Milton García quien, con sus conocimientos, su experiencia y su paciencia nos ha sabido guiar y a echo posible la culminación de nuestro trabajo de titulación.

Al Ing. Adrián Sigüenza por brindarnos su ayuda y aportar con sus conocimientos, para lograr culminar este trabajo de titulación.

Luis Alfredo Lata Asacata

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mi Santa Madre La Virgen del Cisne la cual me ha bendecido durante toda mi vida.

A mi Padre, Segundo David Quintuña por haberse desvelado durante muchos años ejerciendo su profesión como chofer para poder llevar el pan a nuestro hogar, por darme la vida, por su gran ejemplo y enseñarme que un verdadero hombre nunca se cansa de luchar y trabajar.

A mi Madre Fanny Mora por el infinito amor y dedicación que durante todos sus años de vida ha mostrado por nuestra familia, que a pesar de las adversidades que enfrentamos siempre nos alegró con su sonrisa.

A mi sobrino Álvaro Joaquín por haber dado un giro rotundo a mi vida y mostrarme que el cariño hacia él va mucho más allá de este mundo.

A toda mi familia, profesores, amigos y compañeros por formar parte de momentos especiales e inolvidables de mi vida.

Hermel Leonel Quintuña Mora

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Manuel Lata y Juana Asacata por brindarme todo su apoyo incondicional, por enseñarme siempre a ser una persona de bien, que siempre debo esforzarme si quiero lograr algo, a siempre perseverar hasta lograr los objetivos que me plantee, por haberme formado con buenos valores, por brindarme la mejor de las herencias que se le puede dar a un hijo, que es el estudio y sobre todo por creer en mí. Por todo esto les agradezco de todo corazón.

A mi hermano Cesar Lata por siempre estar conmigo, por sus consejos que me han ayudado a afrontar los problemas que se me han presentado, por todo tu apoyo. ¡Gracias!

A toda mi familia y amigos que de una u otra forma formaron parte de este sueño. Gracias por todo.

Luis Alfredo Lata Asacata

RESUMEN

La presente investigación determina la influencia de la pendiente de las vías en la autonomía del Vehículo Eléctrico, se usó análisis experimental, y se realizó el muestreo con el software Emolab 2.0.1. Se concluye que la variable recorrido tiene relación directa con el consumo de la autonomía del vehículo eléctrico cuando se considera una vía con un determinado grado de pendiente.

SUMMARY

This research determines the influence of the slope of the pathways in the autonomy of the electric vehicle, experimental analysis was used, then the sampling was carried out with the software Emolab 2.0.1, Finally it is concluded that the variable travel is directly related to the consumption of autonomy of the electric vehicle when it is considered a route with a certain degree of slope.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	III
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA	VI
DEDICATORIA	VII
RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
INTRODUCCIÓN.....	XVII
PROBLEMA DE ESTUDIO.	XVIII
OBJETIVOS:.....	XIX
Capitulo 1: Precedentes Bibliográficos para el Estado del Arte.....	1
1.1. Referencias Históricas de la Movilidad Eléctrica 1	
1.2. Movilidad Sostenible	2
1.3. Vehículo Eléctrico (EV)	3
1.3.1. Características de los Autos Eléctricos	3
1.3.2. Ventajas y Desventajas del Vehículo Eléctrico.....	3
1.3.3. Componentes y Elementos de Recarga del Vehículo eléctrico:	4
Punto de Carga Exterior	4
Adaptadores, Terminales y Puerto de Carga	5
Batería de Alto Voltaje, Parámetros de Funcionamiento y Tipos.....	5
Controlador Electrónico.....	9
Conversor.....	10
Inversores.....	10
Motor Eléctrico	10
Engranaje de reducción.....	11
Freno Regenerativo.....	11

1.3.4. Autonomía del Vehículo Eléctrico	12
Capítulo 2: Caracterización de Rutas.	13
2.1. Establecimiento de Parámetros.....	13
2.2. Análisis de Rutas propuestas para el estudio.....	14
2.3. Herramientas Usadas para el Estudio	16
2.4. Recolección de Información	17
Ruta 1: Autopista km 12.7– Parroquia Nulti:	17
Ruta 2: Autopista km12.7–Iglesia San Miguel de Baguanchi (Paccha) ..	20
Ruta 3: Avenida 24 de Mayo – Iglesia San Miguel de Baguanchi	22
Ruta 4: Parque Industrial – Iglesia de la Comunidad de Bibín.....	25
Ruta 5: Redondel 12 de Octubre, Turi – El Verde, Entrada de Tarqui. 28	
Ruta 6: Redondel Ciudadela Kennedy – Iglesia Racar.	31
Ruta 7: Puente sobre el Rio Migüir – Mirador Tres Cruces, Cajas.....	34
Ruta 8: Y Sayausi – Mirador Tres Cruces (Cajas).....	36
2.5. Procesamiento de datos.....	39
2.6. Definición de Altimetrías por Tramos:	42
Altimetría Ruta #1. Autopista km 12,7 - Parroquia Nulti.....	43
Altimetría Ruta #2. Autopista km 12,7 - Iglesia San Miguel de Baguanchi(Paccha).	43
Altimetría Ruta #3. Avenida 24 de Mayo-Iglesia San Miguel de Baguanchi.	44
Altimetría Ruta #4. Parque Industrial - Iglesia de la Comunidad de Bibín.	44
Altimetría Ruta #5. Redondel 12 de Octubre, Turi - El Verde, Entrada de Tarqui.	45
Altimetría Ruta #6. Redondel Ciudadela Kennedy - Iglesia Racar.....	45
Altimetría Ruta #7. Puente sobre Rio Migüir - Tres Cruces.	46
Altimetría Ruta #8. Y Sayausí - Tres Cruces.	46

2.7. Diseño del Análisis Experimental	48
Variables involucradas en el experimento	49
Variables controlables	49
Porcentaje de pendiente en la vía.	49
Distancia de recorrido (m)	49
Carga del VE (Kg).....	49
Variables no controlables	49
Temperatura ambiente (°C).....	50
Modos de conducción.....	50
Trafico en las vías.....	50
Variables de estudio.....	50
Variable de respuesta.....	50
2.8. Selección de rutas	51
Capitulo 3: Protocolo de Adquisición de datos.....	52
3.1. Adquisición de datos	52
3.2. Protocolo para muestreo según el Diseño de Experimentos.....	53
3.3. Protocolo de Pruebas	54
3.4. Adquisición de Datos	56
3.5. Tabulación y Selección de Datos Obtenidos	57
Capitulo 4: Análisis de Resultados.....	60
4.1. Regresión.....	60
4.2. Análisis de Residuos.....	60
4.3. Análisis de Efectos Principales.....	61
4.4. Análisis Efectos Cruzados.	62
4.5. Relación de la Variable de Respuesta y las Variables Independientes.	63

4.6. Modelo Matemático para la definición de Consumo de Autonomía de la Batería.....	64
4.7. Autonomía Teórica.	65
4.7. Validación del Experimento.....	66
4.8. Determinación de Autonomía de Real.....	68
4.9. Efecto incremental de las Variables Independientes.	70
Conclusiones.....	72
Recomendaciones.....	74
Bibliografía.....	75
Anexos.....	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Primer Prototipo Construido por Robert Anderson (1832)	1
Figura 2: Vehículo Eléctrico EV1.....	2
Figura 3: Mitsubishi i-MiEV.....	3
Figura 4: Fuente de Abastecimiento.	5
Figura 5: Terminal de Carga.	5
Figura 6: Proceso de carga y descarga de la batería común.....	6
Figura 7: Batería Eléctrica.	6
Figura 8: Controlador Electrónico.	9
Figura 9: Convertidor.....	10
Figura 10: Inversor.....	10
Figura 11: Motor Eléctrico.....	11
Figura 12: GPS Garmin.....	14
Figura 13: Mapa de Procesos para la caracterización de rutas.....	15
Figura 14: Vehículo EMOLab.....	16
Figura 15: Recorrido Ruta Autopista Km 12,7-Nulti.	18
Figura 16: Perfil de Elevación Ruta Autopista Km 12,7 – Nulti.	18
Figura 17: Recorrido Ruta Autopista Km12,7- Iglesia San Miguel de Baguanchi.(Paccha).....	20
Figura 18: Perfil de elevación Ruta Autopista Km 12.5-Iglesia San Miguel de Baguanchi (Paccha).....	21
Figura 19: Recorrido Ruta Avenida 24 de Mayo-Iglesia San Miguel de Baguanchi.	23
Figura 20: Perfil de elevación de la Ruta Av. 24 de Mayo- Iglesia San Miguel de Baguanchi.....	23
Figura 21: Recorrido Ruta Puente de las Monjas-Iglesia de la Parroquia Bibín.	26
Figura 22: Perfil de elevación Parque Industrial – Iglesia de la Comunidad de Bibín.	26
Figura 23: Recorrido Ruta Redondel 12 de octubre, Turi – El Verde, Entrada de Tarqui.....	29
Figura 24: Perfil de elevación de la ruta redondel 12 de Octubre, Turi – El Verde, entrada de Tarqui.....	30
Figura 25: Ruta Recorrido Redondel Cdla. Kennedy – Iglesia Racar.	32
Figura 26: Perfil de elevación ruta Redondel Cdla. Kennedy – Iglesia Racar.....	32

Figura 27: Recorrido Ruta Puente del Rio Migüir – Tres Cruces.....	34
Figura 28: Perfil de elevación Ruta Puente del Rio Migüir – Tres Cruces.....	35
Figura 29: Recorrido Ruta Y Sayausi – Tres Cruces.	37
Figura 30: Perfil de elevación de la Ruta Y Sayausi –Tres Cruces.	37
Figura 31: Archivos obtenidos de Rutas.	39
Figura 32: Visualización de Datos y Trayecto de las Ruta Y Sayausi – Tres Cruces.	40
Figura 33: Perfil de elevación de Ruta Y Sayausi- Tres Cruces.	41
Figura 34: Información obtenida del muestreo.	41
Figura 35: Informacion de longitud y distanciacompleta.	42
Figura 36: Altimetría Ruta 1.	43
Figura 37: Altimetría Ruta 2.	43
Figura 38: Altimetría Ruta 3.	44
Figura 39: Altimetría Ruta 4.	44
Figura 40: Altimetría Ruta 5.	45
Figura 41: Altimetría Ruta 6.	45
Figura 42: Altimetría Ruta 7.	46
Figura 43: Altimetría Ruta 8.	46
Figura 44: Ventana Principal, Software Emolab 2.0.1.....	53
Figura 45: Protocolo de Pruebas.	55
Figura 46: Datos de Tiempo, Consumo y Kilometraje.	57
Figura 47: Obtención del Consumo de Batería en cada Prueba.	58
Figura 48: Análisis de Residuos.....	61
Figura 49: Efectos Principales.	61
Figura 50: Efectos Cruzados.	62
Figura 51: Relación entre Variables.....	63
Figura 52: Influencia de Variables en el Consumo de Autonomía.	64
Figura 53: Modelo Matemático para el Consumo de Autonomía.....	65
Figura 54: Barras de efecto incremental.	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rutas Seleccionadas.....	16
Tabla 2: Características del Vehículo Usado en el Estudio.	17
Tabla 3: Consideraciones Técnicas de la Ruta Autopista Km 12,7-Nulti.....	19
Tabla 4: Consideraciones Técnicas de la Ruta Autopista Km 12,7-Iglesia San Miguel de Baguanchi (Paccha).....	22
Tabla 5: Consideraciones Técnicas de la Ruta Avenida 24 de Mayo- Iglesia de San Miguel de Baguanchi (Paccha).	25
Tabla 6: Consideraciones Técnicas de la Ruta Parque Industrial- Iglesia de la Comunidad de Bibín.	28
Tabla 7: Consideraciones Técnicas de la Ruta Redondel 12 de Octubre,Turi- El Verde, Entrada Tarqui.....	31
Tabla 8: Consideraciones Técnicas de la Ruta Redondel de la Ciudadela Kennedy- Iglesia de Racar.....	34
Tabla 9: Consideraciones Técnicas de la Ruta Migüir – Mirador 3 Cruces.	36
Tabla 10: Consideraciones Técnicas de la Ruta Y de Sayausi-Mirador 3 Cruces.	38
Tabla 11: Resultado de Análisis de Rutas.....	48
Tabla 12: Variables de estudio.....	50
Tabla 13: Datos obtenidos con el programa Emolab 2.0.1.	56
Tabla 14: Consumo de batería en cada prueba.	59
Tabla 15: Variables presentes en la Ecuación de Consumo.....	64
Tabla 16: Datos para el cálculo de Autonomía Teórica.	65
Tabla 17: Valores de las Variables.	67
Tabla 18: Rango de error entre consumo real y consumo teórico.	67
Tabla 19: Rango de error entre consumo real y consumo teórico.	68
Tabla 20: Valores para Cálculo de autonomía del Vehículo Eléctrico.	69
Tabla 21: Autonomía Teórica con un recorrido de 0,75Km.....	69
Tabla 22: Autonomía Teórica con un recorrido de 1,36Km.....	70

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe gran atención al problema de contaminación ambiental y calentamiento global que es generado por los vehículos de combustión interna que liberan gases tóxicos a la atmósfera, fuente energética de los mismos que a largo o mediano plazo corre el riesgo de desaparecer, por tal motivo se está incentivando el uso de los V.E., ya que estos son más amigables con el medio ambiente.

Dado que, en la operación de estos, no se tienen emisiones de CO₂ a la atmósfera. Los vehículos V.E. son propulsados por electricidad almacenada en una batería de larga vida, diseñadas especialmente para este tipo de vehículos. En general son baterías de Li-Ion o baterías de Níquel-Hierro.

La autonomía definida como kilómetros de recorrido de los vehículos eléctricos está por debajo de los 200 km debido a las limitaciones sobre el peso y la capacidad de las baterías, mientras que un vehículo de gasolina de tanque lleno puede tener un rango de manejo de al menos 600 kilómetros. (Zoulficar Y., Laurence B., Frederic S., Mathias G., Roland R. 2013)

La autonomía es una de las principales problemáticas del V.E., y es por tal motivo que se realiza este proyecto de titulación, el cual se centra especialmente en el consumo de autonomía de la batería dependiendo de tres condiciones específicas que influyen sobre la misma: porcentaje de pendiente, distancias de recorrido, y carga. Para determinar la autonomía se utilizan métodos estadísticos como el Diseño de experimentos, para analizar los resultados tras generar una regresión múltiple, tomando en cuenta las variables de entrada y de salida correspondientes.

PROBLEMA DE ESTUDIO.

Ya se han realizado estudios de Autonomía real del Vehículo Eléctrico en la Ciudad de Cuenca. Claudio Bueno y Juan Qhizhpe (Bueno J. Claudio-Qhizpe S. Juan, Agosto 2017) determinaron las variables que afectan directamente a la misma, siendo la pendiente de inclinación de la vía, una de las más influyentes.

El problema de estudio tendrá como elemento central la relación de las pendientes situadas en las diferentes vías de la ciudad de Cuenca y la autonomía de la batería del V.E., debido a que esta ciudad se caracteriza por su topografía cambiante; que hace que las rutas de tránsito vehicular sean totalmente de distintas características en sus recorridos, las mismas que afectan al desempeño de los VE, teniendo diferentes niveles de consumo de su batería al igual que la variación en su regeneración esto se va a comprobar poniéndolo a prueba en vías con diferentes porcentajes de inclinación y a diferentes distancias de recorrido.

OBJETIVOS:

Objetivo General

Determinar el consumo de la batería mediante pruebas de circulación en pendiente para la obtención de la autonomía del VE.

Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte mediante información bibliográfica para el estudio de la autonomía de la batería de un VE.
- Establecer rutas específicas mediante información de redes de transporte, GPS para la ejecución del experimento.
- Aplicar el diseño experimental mediante la utilización del software de ingeniería para la determinación de las variables significativas y las corridas experimentales.
- Adquirir datos usando el software EMOLab para la obtención del consumo de la batería del VE.
- Analizar los datos obtenidos mediante estadística para la determinación de la autonomía de la batería del VE en la ciudad de Cuenca.



Precedentes Bibliográficos para el Estado del Arte

1.1. Referencias Históricas de la Movilidad Eléctrica

Los vehículos eléctricos iniciaron su recorrido mucho antes que sus similares con motor de combustión interna (ciclo Otto y Diesel), los primeros pasos de este tipo de transporte se remonta al período de 1830-1832 en donde Robert Anderson un negociante escoses construyó un primer prototipo (Figura 1), que constaba con una desventaja en su fuente de energía la misma que no se regeneraba nuevamente, para el año de 1880 se le da una gran ayuda a este proceso con el ingreso de fuentes recargables y para 1894 la mejora de estos prototipos toma fuerza al ser Henry Morris y Pedro Salom quienes fabricaron una carroza de modelo similar a las que transitaban en ese período de tiempo pero netamente eléctrica, a inicios de 1900 tiene un auge de fabricación. (Moreno, 2013)



Figura 1: Primer Prototipo Construido por Robert Anderson (1832)

Fuente: (Moreno, 2013)

Los autos de encendido provocado son aventajados por los eléctricos debido a sencillez, confianza, suavidad al cambio de marcha, sonoridad nula y que tenía una carga en su acumulador solventable. Un aditamento que aporato a los vehículos de



combustión interna una ventaja es el sistema de arranque incluido en el año de 1912, lo cual a la par de la desvalorización del precio que alcanzó la gasolina y la creciente construcción de nuevas vías que desfavorecían a la autonomía del vehículo eléctrico, fue limitando su avance y al relegarse se lo fue empleando solo para algunos trabajos industriales puntuales esto se dio en el año de 1930, para el mismo tiempo la introducción de nuevos sistemas de ensamblaje incorporada por Henry Ford ayudaron a relegar aún más este progreso. (Moreno, 2013)

A mediados de 1996, la Corporación General Motors regresa a escena al auto eléctrico con la instauración de un ejemplar con altas prestaciones denominado como Vehículo Experimental 1 ó “EV1”(Figura 2) de los cuales se ensamblaron un aproximado de mil unidades, En Estados Unidos de Norteamérica se dio inicio a una nueva ley llamada “Zero Emission Vehicle Mandatory”, que se aplicó al estado de California al ser el estado más contaminado de esta nación, la ley buscaba apoyar a este tipo de tecnología apegándose a una normativa que beneficiaba a sus fabricantes con la entrega de una gratificación o subsidio por un valor aproximado de más de 12000 dólares. (IDAE, 2012)



Figura 2: Vehículo Eléctrico EV1.

Fuente: (IDAE, 2012)

1.2. Movilidad Sostenible

La movilidad sostenible surge de la necesidad de equilibrar las condiciones medioambientales del planeta ya que el campo automotriz tradicional ocupa grandes cantidades de materiales como plásticos, materiales ferrosos, no ferrosos y más del 60% de todos los productos del petróleo del mundo elevando en gran cantidad la contaminación. (Szyliowicz, 2003).



La implementación de nuevas tecnologías de transporte es un reto arduo en ámbitos educativos, infraestructurales, tecnológicos, culturales, de planificación y de masificación.

Debido a estos problemas, la movilidad sostenible busca medidas tecnológicas para reducir un porcentaje del daño ya causado. Una de las medidas de reducción es el apoyo a nuevos medios de transporte como el vehículo eléctrico por su grado nulo de emisiones tóxicas, bajo costo económico y uso de energía renovable que lo lleva a ser el recurso en términos energéticos más eficiente para este fin.

1.3. Vehículo Eléctrico (EV)

El vehículo eléctrico es aquel medio de transporte que este propulsado total o parcialmente por electricidad, almacenada en forma de energía química en baterías que se recargan en una red eléctrica. (García J. J., 2012)



Figura 3: Mitsubishi i-MiEV.

Fuente: (Martín, 2009)

1.3.1. Características de los Autos Eléctricos

El cometido del auto eléctrico no es igual al de un coche o transporte de encendido provocado, la electricidad usada en su funcionamiento es adquirida exteriormente de una plataforma que suministra carga al sistema mediante conectores, la electricidad es recogida en un paquete de baterías creadas con ion-litio, estos mismos componentes son adecuados para esta función, debido a esto su vida útil supera los 10 años y el tiempo de recarga toma un aproximado de 6 horas para completarse. (Martínez B., 2017) .

1.3.2. Ventajas y Desventajas del Vehículo Eléctrico.

Ventajas de un vehículo eléctrico:

- No utiliza ningún tipo de combustible fósil.



- Provocar cero emisiones contaminantes.
- Se recargan 100% con energía eléctrica.
- Usa energía no contaminante y renovable.
- No generan demasiado gasto de mantenimiento.
- Seguridad y confort en la conducción.
- Contaminación por ruido es disminuida.
- No utiliza una transmisión manual.
- Su par máximo de arranque se mantiene constante desde el inicio.
- Consta de un sistema regenerativo localizado en los frenos.

Desventajas de vehículo eléctrico:

- No tiene estaciones de abastecimiento.
- Se incrementa el valor económico a pagar en la factura de la electricidad debido al mayor consumo que este genera.
- Desplazamiento y conducción corta.
- Tiempo de recarga de batería demasiado extenso.
- Vida útil limitada por su ciclo de carga de 3-10 años (Martinez B., 2017).
- Al no generar ruido el silencio dispone al conductor a un estado de relax que puede derivar en somnolencia.

1.3.3. Componentes y Elementos de Recarga del Vehículo eléctrico:

Está constituido de los siguientes elementos:

Punto de Carga Exterior

Se lo emplea como dispositivo de abastecimiento de la batería, su finalidad es la de hacer llegar al terminal primario de carga un suministro con electricidad de alto voltaje para poder dotar de la suficiente carga. El puerto de recarga exterior posee dos clases de terminales uno de carga lenta y otro de carga rápida.



Figura 4: Fuente de Abastecimiento.

Fuente: Autores, 2017

Adaptadores, Terminales y Puerto de Carga

Conforman una asistencia para conectar el puerto de carga con los terminales del punto de abastecimiento eléctrico, ubicado externamente al vehículo, además un convertidor transformador que toma la corriente eléctrica de alto voltaje y la convierte en corriente continua, enviándola a la batería principal para el proceso de recarga.



Figura 5: Terminal de Carga.

Fuente: (Autores, 2017).

Batería de Alto Voltaje, Parámetros de Funcionamiento y Tipos

La batería almacena la electricidad por medio de elementos electroquímicos, un proceso con pérdidas mínimas que permite un rendimiento próximo al 100%. Las baterías, soportan un número determinado de ciclos de carga y descarga completos, que se denomina ciclo de vida. Debe proveer de electricidad al vehículo. Su



Capítulo 1: Precedentes Bibliográficos para el Estado del Arte

importancia es tal que la autonomía y el precio del mismo dependen del tipo y tamaño.

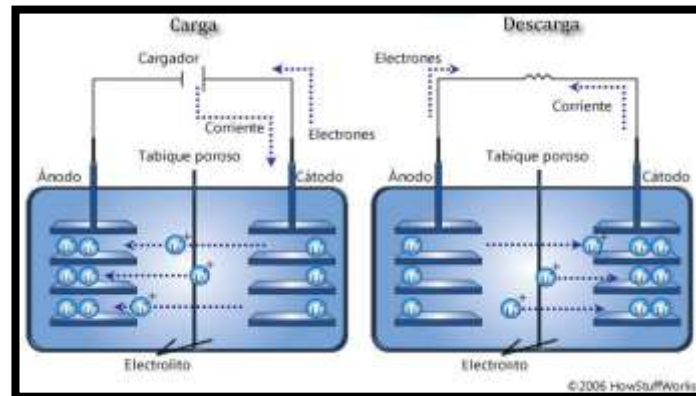


Figura 6: Proceso de carga y descarga de la batería común.

Fuente: (HowStuffWorks, 2006)

Está formada por un grupo de células, en las que se da una reacción química reversible de un intercambio de iones y electrones. En el proceso de descarga, se genera una corriente eléctrica que es suficiente para mover el motor eléctrico que impulsa el vehículo, mientras que cuando se produce la recarga, los iones y electrones regresan a su posición original a partir de un aporte de energía externo.

Está, es empleada para almacenar y suministrar energía, recibe la corriente eléctrica del convertidor. Este elemento está ordenado por bloques, los mismo llevan internamente varias celdas interconectadas en donde se da un intercambio de iones y electrones al realizarse la carga, descarga y regeneración. Existen baterías secundarias de 12v las cuales están empleadas para aprovisionar de electricidad los dispositivos y equipos auxiliares de bajo consumo.



Figura 7: Batería Eléctrica.

Fuente: Autores, 2017



Los parámetros que sobresalen en una batería destinada al VE son:

Densidad Energética:

Expresada en Wh/kg. Es la energía que puede suministrar el acumulador o batería por cada kg. En el grado que sea mayor este valor mayor será la autonomía que tendrá el vehículo.

Potencia:

Generalmente se expresa en W/kg. Es la capacidad de suministrar potencia (amperaje máximo) en el proceso de descarga. A mayor potencia, mayor rendimiento para el VE.

Eficiencia:

Refiere a cuanto rinde la batería. Medido en %.

Costo:

Es lo que mayor influye en el precio total del vehículo.

Ciclo de vida:

Son los ciclos completos de carga y descarga que resiste la batería antes de ser reemplazada.

Tipos de baterías:

Son varios los materiales usados en la fabricación de baterías para vehículos eléctricos la autonomía de las mismas depende en gran parte del material utilizado entre las cuales destacan:

Batería níquel-cadmio (Ni/Cd):

Se usa más en aviones, helicópteros o vehículos militares, gracias a su gran rendimiento a bajas temperaturas. Estas baterías tienen más tendencia al efecto memoria lo que significa que al no agotarse totalmente esta queda en forma residual en la batería, disminuyendo su capacidad de carga reduciendo su vida útil con cada ciclo recarga. (Herrera, 2014)

Batería níquel-hidruro metálico (NI/HM):

Son más amigables con el medio ambiente. Tienen un problema el cual es su constante mantenimiento y su deterioro cuando se exponen a altas temperaturas, altas corrientes de descarga o sobrecargas. Estas baterías producen mucho calor, por tanto, recuperan su carga total de manera lenta.



Batería Litio Fosfato de hierro (LiFePO₄):

Este tipo de baterías no usa el cobalto, gracias a esto tiene una mayor estabilidad y seguridad. Además, tiene varias ventajas más como son un ciclo de vida más extendido y una mayor potencia. Hay ciertos inconvenientes a destacar como su relativa baja densidad energética y su elevado precio.

Batería de Polímero de litio (Li-Pol):

Tienen una mayor densidad energética y además cuenta con una potencia más alta. Estas baterías son muy livianas, también son eficientes; no tiene efecto memoria que es problema de las otras baterías. La diferencia principal radica en su alto costo y bajo ciclo de vida.

Batería Zebra:

Estas baterías, también llamadas de sal fundida, trabajan a 250°C y tienen como electrolito cloro aluminato de sodio triturado. Esta batería tiene un alto contenido químico sin embargo puede llegar a conseguir buenas propiedades de energía y potencia. Al no usarse, el electrolito de estas baterías se solidifica, por lo cual necesitan un determinado tiempo de fundición para que alcance una temperatura optima y puedan brindar el mayor potencial de carga, el tiempo necesario para la fundición puede ser hasta 12 días. Tienen un ciclo de vida que les da ventaja sobre las demás baterías, pero tienen varios problemas como el espacio que ocupan y una baja potencia.

Batería de Aluminio-Aire:

También se denominan “pilas de combustible” ya que este tipo de batería necesita reemplazar los electrodos de metal cuando estos se desgastan. Gracias a sus componentes tiene la capacidad de acumular hasta diez veces la capacidad de los acumuladores comunes, conjuntamente con todas estas ventajas también poseen una notable densidad energética.

Batería Zinc-Aire:

Resultan ser más avanzadas que las baterías de Aluminio-Aire, estas baterías toman el oxígeno de la atmósfera y posteriormente producen corriente. Poseen un gran potencial energético, además de ser muy fiables, también tienen la capacidad de



almacenar el triple de energía que las baterías de Ion-litio ocupando el mismo volumen y con un ahorro de la mitad del valor de las baterías comunes.

Batería Ion-Litio (LiCoO₂):

Elevada densidad de energía, alta densidad de potencia, además su índice de descarga es mucho menor, larga vida útil y su reducida contaminación al medio ambiente.

Un problema que presentan estas baterías es su sensibilidad ante variaciones en el voltaje, por lo cual se debe recurrir al uso de sistemas de gestión de baterías. Además, presentan otros inconvenientes como la seguridad, la durabilidad, la uniformidad y el precio, esto conlleva a una gran desventaja para la aplicación en el campo automotriz.

Estas baterías están constituidas por una especie de electrolito de sal de litio y electrodos de litio, cobalto y oxido. El uso de materiales nuevos como el litio ha permitido conseguir altas energías específicas, alta eficiencia, la eliminación del efecto memoria, ausencia de mantenimiento y el reciclaje es más sencilla. Además, tienen el doble de densidad energética que las baterías níquel-cadmio con un tamaño del orden de un tercio más pequeñas.

Controlador Electrónico

El controlador electrónico determina el porcentaje de energía que envía la batería al motor eléctrico y viceversa en función de diversos parámetros de funcionamiento, conocido como ECM. (Garcia R., 2015)

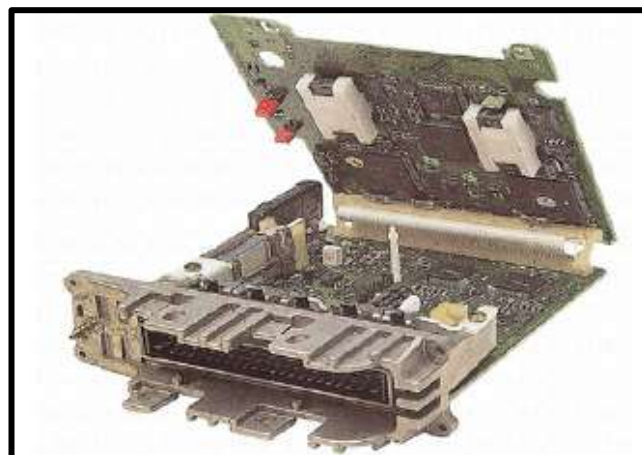


Figura 8: Controlador Electrónico.

Fuente: (Garcia R., 2015)



Conversor

El conversor es el elemento que recepta la corriente continua de alta tensión desde la batería principal y transformarla en corriente continua de baja tensión para alimentar las baterías secundarias de 12 V.



Figura 9: Convertidor.

Fuente: (Autores, 2017)

Inversores

El inversor cumple con la misión de transformar la corriente continua de la batería de alto voltaje en corriente alterna para alimentar al motor y viceversa al transformar la corriente alterna en corriente continua para solventar a la batería.



Figura 10: Inversor.

Fuente: (Moreno C, 2004)

Motor Eléctrico

El motor eléctrico es un dispositivo encargado de dar la movilidad al vehículo, para su funcionamiento recibe y transforma energía eléctrica en energía mecánica.



El motor eléctrico puede trabajar en conjunto con motores de combustión interna con la finalidad de que este último lo abastezca en caso de disminución de la autonomía de la batería o en trabajos donde la exigencia de mayores prestaciones.

Características del motor eléctrico:

- Son de menor tamaño y peso con respecto a los de combustión interna.
- Son silenciosos.
- Su rendimiento se acerca al 90%. (Garcia R., 2015)



Figura 11: Motor Eléctrico.

Fuente: (Autores, 2017)

Engranaje de reducción

El engranaje reductor va unido al motor con la misión de que el movimiento hacia las ruedas de propulsión sea fácilmente transmitido.

Freno Regenerativo

Este sistema permite al vehículo desarrollar energía en el momento de realizar el frenado, convirtiéndola en energía eléctrica, este sistema es usado para aprovechar esta energía y proporcionar la recarga de batería.

La finalidad es recuperar una determinada parte de la energía ocupada en el frenado, debido a que son frenos a fricción, esta energía se libera a manera de calor. Este sistema, se encuentra formado por un motor eléctrico que ayuda en el frenado, y es durante este proceso que pasa de ser un consumidor a un generador. Por lo tanto, al estar produciendo electricidad, la circulación de corriente en la armadura es opuesto de lo que ocurre cuando el generador hace de motor, lo que provoca un



torque opuesto a la marcha y de esta manera se produce una producción de energía que recarga la batería del VE.

1.3.4. Autonomía del Vehículo Eléctrico

La autonomía en un vehículo eléctrico es el régimen de duración de su batería al realizar un determinado recorrido hasta finalizar su ciclo de carga, vida útil o la distancia que el mismo puede cubrir en kilómetros sin verse expuesto a recargar su batería nuevamente. Según Juan Martínez “*el vehículo eléctrico depende de la capacidad de las baterías*” (Martines, 2013), ya que la misma limita en muchos aspectos el rendimiento y eficiencia del mismo.

En la actualidad la autonomía de vehículos eléctricos puede llegar a solventar de 80 hasta 250 km de recorrido (Ribas, 2014) pero hay varios factores que la afectan directamente como tipo de materiales, la cantidad y número de celdas que posee, conducción agresiva, el periodo de trabajo bajo carga completa, uso de sistema auxiliares, velocidades elevadas, pendiente muy pronunciadas, temperaturas externas, peso. Así como también hay factores que incrementan la rentabilidad y la longevidad tales son los intervalos de abastecimiento, una conducción y aceleración eficiente, frenada regenerativa, descenso en pendientes, condiciones climáticas no muy exigentes y una que se debe tener en cuenta planificación y optimización de la ruta. (Galicia, 2013)

Para un futuro se busca incrementar la autonomía de las baterías del vehículo eléctrico hasta solventar unos 480km, la misma que lleva a seguir obteniendo ventajas sobre sus similares de combustión interna en lo que se refiere a la contaminación del medio ambiente y consumo, aspectos por los cuales se va popularizando esta tendencia para quienes quieran adquirir este nuevo modelo de movilidad limpia.



Caracterización de Rutas.

2.1. Establecimiento de Parámetros

En este capítulo se busca establecer los parámetros que vuelven a una ruta apta para el desarrollo del estudio, de manera conjunta se obtiene información acerca de las mismas, considerando bases de datos de redes de transporte y además con equipos de posicionamiento satelital utilizados en las rutas a recorrer, para poder caracterizar y seleccionar las óptimas involucradas en el proyecto.

El establecimiento de parámetros se realiza con el fin de plantear las características que debe tener una o varias rutas para el estudio, las seleccionadas son las que se encuentran en el área urbana o rural de la ciudad de Cuenca, mismas que deben contar con condiciones óptimas para un tránsito vehicular fluido, también deben poseer características como recorridos con un porcentaje de pendiente entre 1-7% y una distancia que bordee los seis o más kilómetros.

Al tener los principales requerimientos ya estipulados se hace una búsqueda aleatoria de algunas rutas que cumplan con los mismos, para lo cual se realiza una selección y un recorrido por estas vías con el fin de poder encontrar las ideales. Los datos característicos de las rutas se los adquiere mediante un sistema de posicionamiento global “GPS” (Figura 12), en cada ruta recorrida se llevará este instrumento para trazar el recorrido mientras se cubre la misma, al tiempo que se adquieren los datos necesarios.



Figura 12: GPS Garmin.

Fuente: Autores, 2017.

2.2. Análisis de Rutas propuestas para el estudio

Las rutas seleccionadas para el estudio son ocho, las cuales cuentan con la distancia y altitud requeridas para el desarrollo del proyecto, las mismas serán divididas por tramos, y se obtendrá el porcentaje de pendiente de cada tramo con los datos que se adquieran con el GPS.

El siguiente análisis (Figura 13) visualiza el proceso de caracterización que se realizó individualmente para cada ruta, con el fin de llegar a una comparación de estas para determinar las que se apeguen más al modelo de propuesta planteado para el diseño experimental.

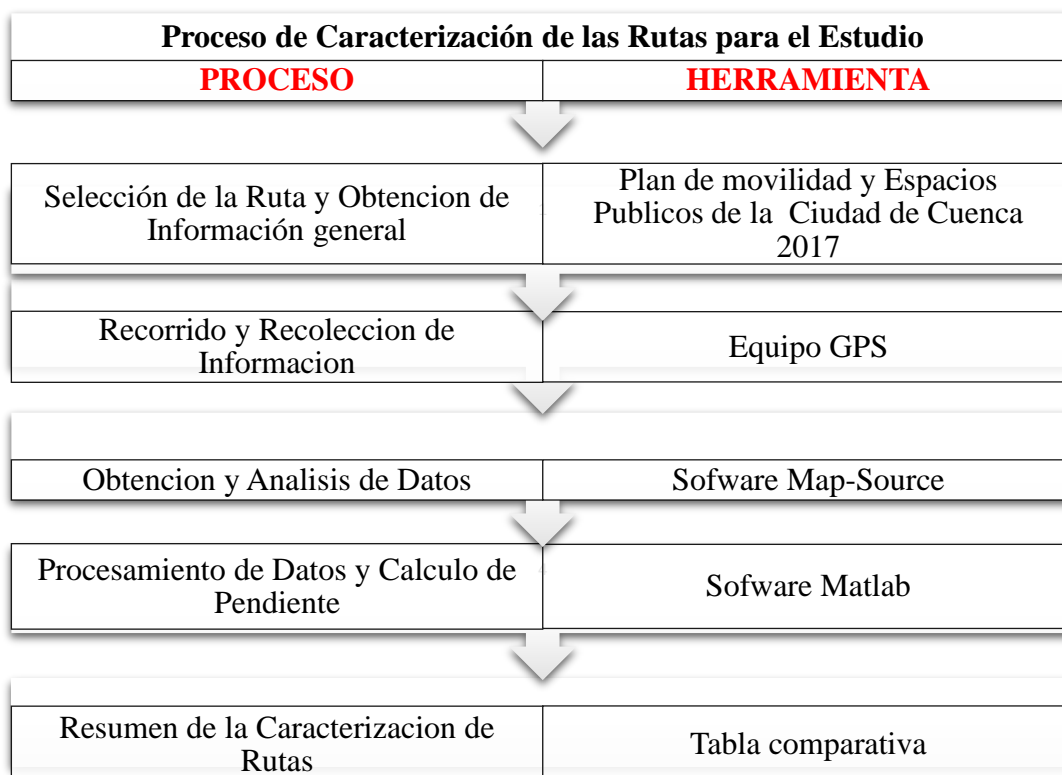


Figura 13: Mapa de Procesos para la caracterización de rutas.

Fuente: Autores, 2017

Se muestra una información general de las rutas que se seleccionaron para la caracterización (Tabla 1). El nombre de la ruta, la distancia y altura, las rutas están ordenas de forma ascendente con relación a la Altimetría y Distancia.

#Ruta	Nombre de Ruta	Distancia (Km)	Altura de Ruta (m.s.n.m.)
1	Ruta Autopista km12.7 –Parroquia Nulti	4,77	2586
2	Ruta Autopista km 12.7–Iglesia San Miguel de Baguanchi (por Paccha)	10,25	2682
3	Avenida 24 de Mayo – Iglesia San Miguel de Baguanchi	12,72	2682



4	Parque Industrial – Iglesia de la Parroquia Bibín	18,30	2878
5	Redondel 12 de Octubre Turi – Entrada de Tarqui	20,62	2918
6	Redondel Ciudadela Kennedy – Iglesia Racar	22,78	2925
7	Puente sobre el río Migüir – Mirador Tres Cruces	24,10	4154
8	Y Sayausí – Tres Cruces	56,01	4154

Tabla 1: Rutas Seleccionadas.**Fuente:** Autores, 2017.

2.3. Herramientas Usadas para el Estudio

La herramienta utilizada para el estudio es un vehículo eléctrico comercial, el cual a través de una instrumentación específica es capaz de brindar datos propios de su funcionamiento, el mismo perteneciente al laboratorio de movilidad eléctrica “EMOLab” (Electric Mobility Lab) (Figura 14) el cual se encuentra en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana.

**Figura 14:** Vehículo EMOLab.**Fuente:** (Bueno J. Claudio, 2017)



Características del Vehículo Utilizado en el Estudio		
Funcionamiento	100% Eléctrico	
Tracción	Delantera Automática	
Potencia	81,4k W	110 CV
Par Motor (Nm)	285	
Aceleración	100km en 11 segundo	
Velocidad Máxima (Km/h)	145	
Dimensiones		
Largo (m)	4,14	
Ancho (m)	1,8	
Altura (m)	2,57	
Peso (Kg)	1490	
Suspensión		
Delantera	Mac Pherson	
Posterior	Barra de Torsión	
Características de la Batería del Vehículo		
Autonomía Teórica (Km)-(con el 100% Carga)	165	
Densidad Eléctrica de la Batería Wh/kg	200	
Material	Polímero de Litio	
Peso Batería (Kg)	275	
Tiempo de Carga (Horas)	6	

Tabla 2: Características del Vehículo Usado en el Estudio.**Fuente:** (Kia Motors, 2015)

2.4. Recolección de Información

Ruta 1: Autopista km 12.7– Parroquia Nulti:

La primera ruta elegida para el estudio inicia su recorrido en la Autopista km 12,7 vía Cuenca-Azogues y termina en la Iglesia de la Parroquia Nulti (Figura 15), es una vía de ubicación rural, se encuentra a las afueras del casco urbano de la ciudad, consta de varias zonas residenciales, la más concurrida está en el centro de la misma parroquia, considerada una vía de tránsito rápido al permitir una velocidad máxima de 50km/h, está conformada de dos carriles en ambos sentidos de circulación.

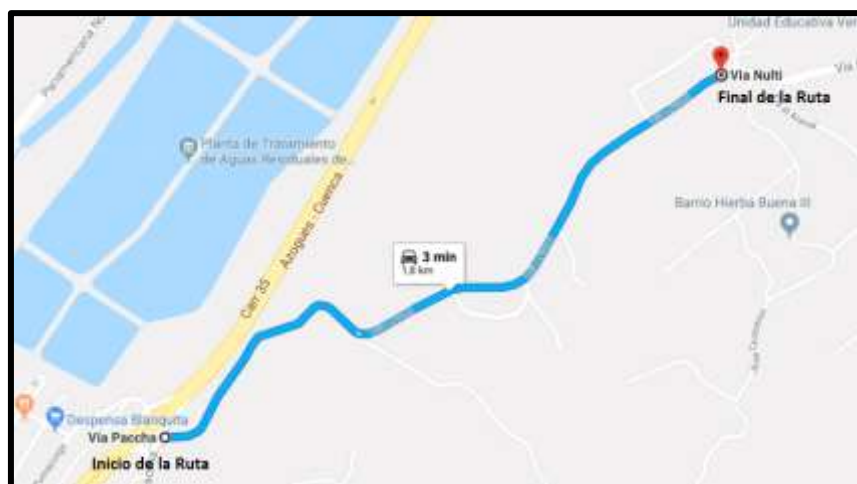


Figura 15: Recorrido Ruta Autopista Km 12,7-Nulti.

Fuente: Google Maps, 2017

Se muestra el perfil característico de variaciones de pendiente de la primera ruta (Figura 16) en la totalidad de su recorrido al llegar a su punto más alto y volver a descender, cubre una distancia de 4,7 km. Su altura mínima es de 2425m.s.n.m. y la altura máxima es de 2586 m.s.n.m. con un ascenso total de 165 metros y una diferencia de altura de 161 metros.

El tiempo de ascenso a su punto más alto de 2586 m.s.n.m. es un tiempo aproximado de 12,6 minutos.

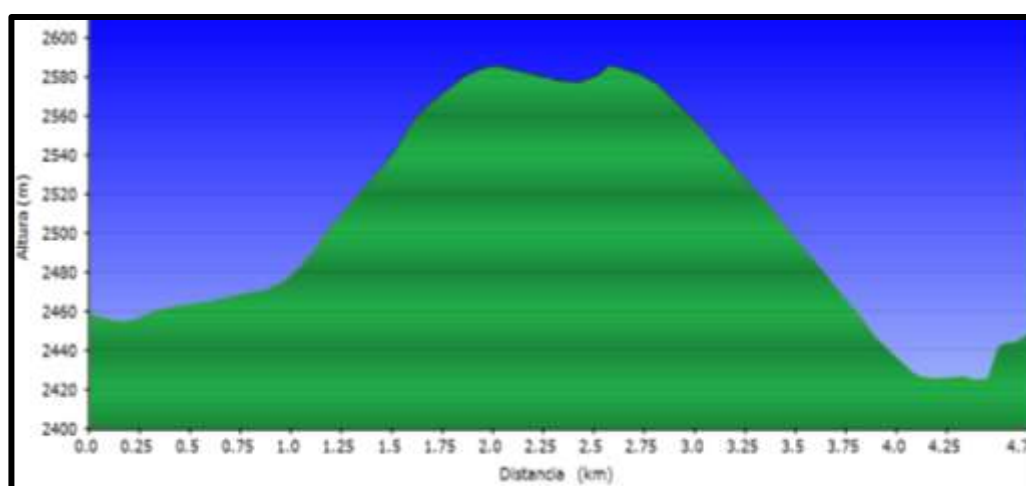


Figura 16: Perfil de Elevación Ruta Autopista Km 12,7 – Nulti.

Fuente: Utrack-Google Maps, 2017



En la Tabla 3 se analiza con más detalle la Ruta Autopista Km12.7 – Nulti.

Nombre de la Ruta	Inicio de Ruta	Fin de Ruta	Longitud Subida(km)
Autopista– Parroquia Nulti	Autopista Km 12,7 Vía Cuenca-Azogues	Iglesia de la Parroquia Nulti	2,35
Tiempo de Recorrido Total(minutos)		Velocidad de Circulación (Km/h)	
12,6		50	
Área de Ubicación			
Rural en todo su Trayecto			
Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Capacidad (V/h)	Ubicación
2	3	< 1500	Sur- Este
Características Geométricas		Tipo de intersecciones	
Longitud total (Km)	4,7	Semaforización	No
Direccionalidad	Doble Vía	Y	1
Capacidad Vehicular	1600	T	4
Intersecciones	10	Cruz	0
Circulación de Transito	Rápido	Redondel	1
Señalización	Básica	Volumen de Peatones	Bajo
Modalidad Soportada			
Motorizada Privada, Transporte Publico, no Motorizado, Peatonal			
Vías que la conforman			
Vía a Nulti en su Totalidad			
Especificaciones Técnicas de la Vía			
Velocidad Máxima 50Km/h		No cuenta con plataforma de acera	
Intensidades Vehicular <800 Veh/h/c		No cuenta con infraestructura propia para ciclistas	
2 Carriles ,1 en cada sentido		Distribución modal motorizado/no motorizado 80%-20%	
Ancho de carril 3m		Sin estructura semafórica	
Características Requeridas para el Estudio			
Transito fluido		Ubicación de Fácil Acceso	
Vía en Buen Estado		Topografía Optima	
Distancia Optima		Inclinación Optima	
Elevación Optima		Fácil Obtención y Proceso de Datos	

Tabla 3: Consideraciones Técnicas de la Ruta Autopista Km 12,7-Nulti.

Fuente: Plan de movilidad y Espacios Públicos de la Ciudad de Cuenca,

2015.



Ruta 2: Autopista km12.7–Iglesia San Miguel de Baguanchi (Paccha)

La segunda ruta elegida para el estudio inicia su recorrido en la Autopista km 12,7 vía Cuenca-Azogues, continua por la Parroquia Rural de Paccha y termina su recorrido en la Iglesia San Miguel de Baguanchi de la Parroquia de El Valle (Figura 17), es una vía de ubicación rural se encuentra a las afueras del casco urbano de la ciudad, en la mayoría de su trayecto consta de barrios y zonas residenciales con mayor concentración en la Parroquia de Paccha y en el sector de la Iglesia San Miguel de Baguanchi, por este motivo es considerada una vía de transito lento en ese sector, permitiendo una velocidad máxima de 30km/h, en las vías anteriores y posteriores al centro parroquial de Paccha las vías son de transito rápido permitiendo velocidades de 50km/h, su recorrido está conformado de una vía de dos carriles en ambos sentidos de circulación.

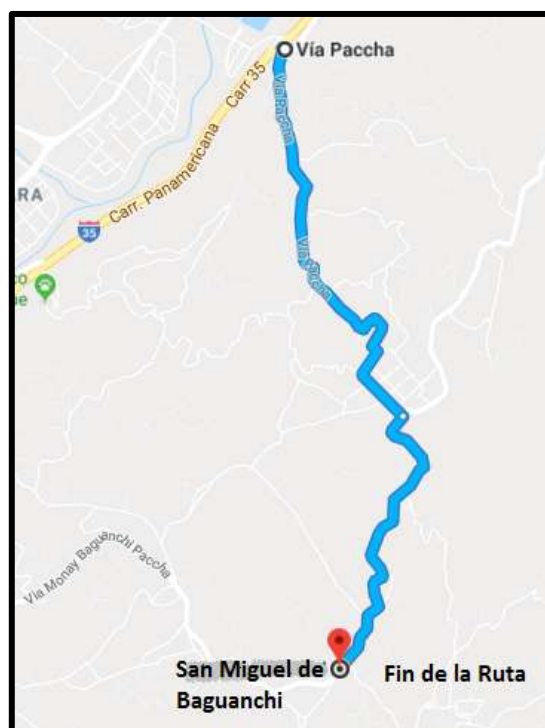


Figura 17: Recorrido Ruta Autopista Km12,7- Iglesia San Miguel de Baguanchi. (Paccha)

Fuente: Google Maps, 2017

Se presenta una descripción del perfil de elevación de la segunda ruta en la totalidad de su recorrido (Figura 18) el mismo llega a su punto más alto y retorna a su inicio, cubriendo una distancia de 10,25 km, su altura mínima es de 2442 m.s.n.m.



y su altura máxima es de 2682 m.s.n.m. con un ascenso total de 305 metros y una diferencia de alturas de 234 metros.

El tiempo que tarda en ascender a su punto más alto de 2682 m.s.n.m. y retornar al inicio de la ruta es un tiempo aproximado de 17,21 minutos.

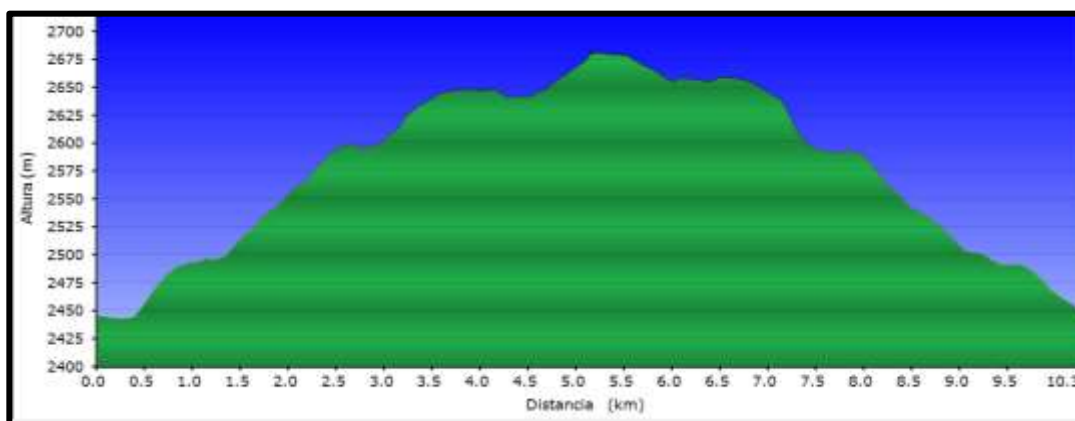


Figura 18: Perfil de elevación Ruta Autopista Km 12.5-Iglesia San Miguel de Baguanchi (Paccha).

Fuente: Utrack-Google Maps, 2017

La Tabla 4 caracteriza detalladamente la ruta Autopista Km12.7– Iglesia San Miguel de Baguanchi (Paccha).

Nombre de la Ruta	Inicio de Ruta	Fin de Ruta	Longitud Subida(km)
Autopista km12,7 – San Miguel de Baguanchi, (Paccha)	Autopista Km 12,7 vía Cuenca-Azogues	Iglesia de San Miguel de Baguanchi	5,13
Tiempo de Recorrido Total(minutos)		Velocidad de Circulación (Km/h)	
17,21		30-50	
Área de ubicación			
Rural en todo su trayecto			
Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Capacidad (Veh/h)	Ubicación
2	3	< 1500	Sur- Este
Características Geométricas		Tipo de intersecciones	
Longitud total	10,25	Semaforización	No



(km)			
Direccionalidad	Doble vía	Y	2
Capacidad Vehicular	1700	T	4
Intersecciones	13	Cruz	1
Circulación de transito	Rápido-Lento	Redondel	1
Señalización	Completa	Volumen de Peatones	Medio
Modalidad Soportada			
Motorizada privada, Transporte público, No motorizado, Peatonal			
Vías que la conforman			
Vía principal a Paccha, vía alterna desde Paccha a san miguel de Baguanchi			
Especificaciones técnicas de la vía			
Velocidad máxima 50km/h		Cuenta con acera solo en el centro de Paccha	
Intensidades vehicular <800 veh/h		No cuenta con infraestructura propia para ciclistas	
2 carriles ,1 en cada sentido		Distribución modal motorizado/no motorizado 80%-20%	
Ancho de carril 3m		Sin estructura semafórica	
Características requeridas para el estudio			
Transito fluido		Ubicación de Fácil Acceso	
Vía en su mayoría en buen estado		Topografía Optima	
Distancia optima		Inclinación Optima	
Elevación optima		Fácil Obtención y Proceso de Datos	

Tabla 4: Consideraciones Técnicas de la Ruta Autopista Km 12,7-Iglesia San Miguel de Baguanchi (Paccha).

Fuente: Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la Ciudad de Cuenca, 2017.

Ruta 3: Avenida 24 de Mayo – Iglesia San Miguel de Baguanchi

La tercera ruta elegida para el estudio tiene su inicio en la Avenida 24 de Mayo a la Altura de Hospital del IEES, termina su recorrido en la Iglesia San Miguel de Baguanchi de la Parroquia de El Valle (Figura19), es una vía de ubicación inicialmente urbana y finaliza en el área rural debido a que se encuentra a las afueras del casco urbano de la ciudad, su trayecto consta de barrios y zonas residenciales por este motivo es considerada una vía de tránsito lento permitiendo una velocidad máxima entre 30 y 50 km/h, está conformada de dos carriles en ambos sentidos de circulación.

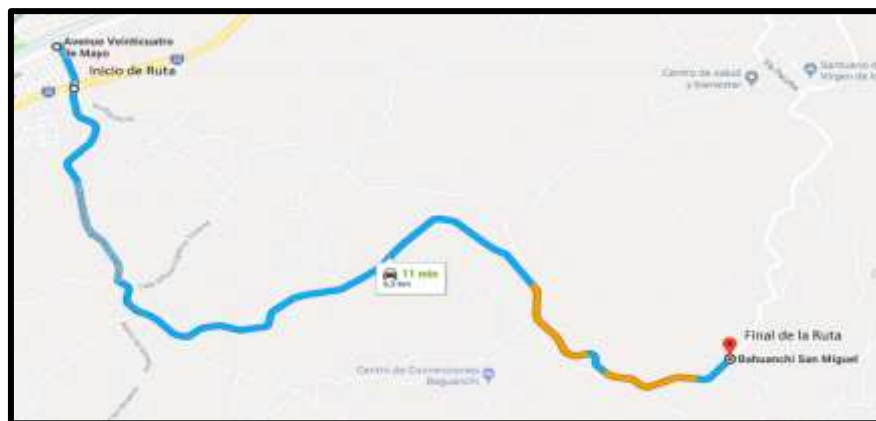


Figura 19: Recorrido Ruta Avenida 24 de Mayo-Iglesia San Miguel de Baguanchi.

Fuente: Google Maps, 2017

A continuación, se presenta el perfil de elevación de la tercera ruta en la totalidad de su recorrido (Figura 20), desde su punto de menor altura hasta llegar a su cumbre el trayecto presenta una distancia de 12,25 km, su altura mínima es 2462 m.s.n.m. y la altura máxima que alcanza es de 2682 m.s.n.m. con un ascenso total de 254 metros y una diferencia de altura de 219 metros.

El tiempo que tarde en ascender a su punto más alto de 2682 m.s.n.m. y regresar a su inicio es un tiempo aproximado de 20,58 minutos.

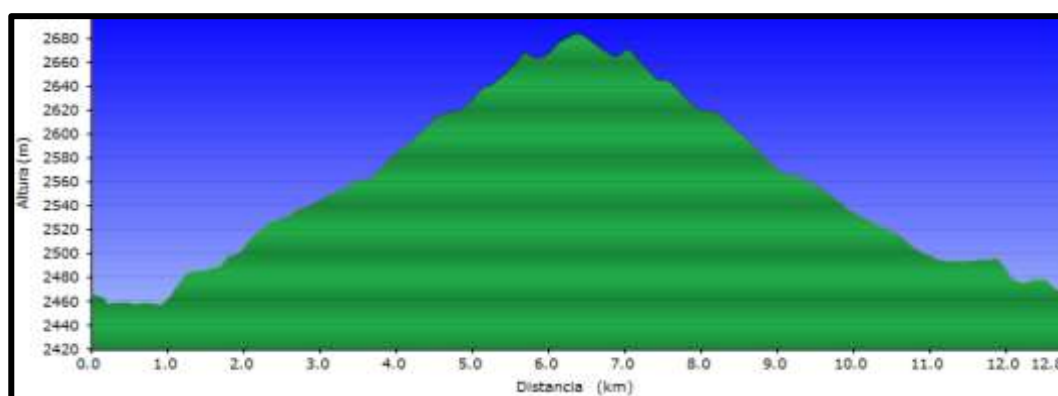


Figura 20: Perfil de elevación de la Ruta Av. 24 de Mayo- Iglesia San Miguel de Baguanchi.

Fuente: Utrack-Google Maps, 2017



En la Tabla 5 presentada a continuación se analiza la ruta Avenida 24 de Mayo – Iglesia San Miguel de Baguanchi.

Nombre de la Ruta	Inicio de Ruta	Fin de Ruta	Longitud Subida(km)
Av. 24 de Mayo – San Miguel de Baguanchi	Av. 24 de Mayo, Altura del Hospital del IEES	Iglesia de San Miguel de Baguanchi, Parroquia el Valle	6,13
Tiempo de Recorrido Total(minutos)		Velocidad de Circulación (Km/h)	
20,58		30-50	
Área de Ubicación			
Urbana Inicio – Rural en su Final			
Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Capacidad (Veh/h)	Ubicación
2	3	< 1700	Sur
Características Geométricas		Tipo de intersecciones	
Longitud total (Km)	12,25	Semaforización	1
Direccionalidad	Doble vía	Y	4
Capacidad Vehicular	1900	T	4
Intersecciones	14	Cruz	3
Circulación de Transito	Rápido-Lento	Redondel	1
Señalización	Completa	Volumen de Peatones	Medio
Modalidad Soportada			
Motorizada Privada, Transporte Publico, No Motorizado, Peatonal			
Vías que la conforman			
Vía principal de Monay a San Miguel de Baguanchi			
Especificaciones Técnicas de la Vía			
Velocidad Máxima 50Km/h		Cuenta con acera solo en ciertos tramos	
Intensidades Vehicular <800 Veh/h/c		No cuenta con infraestructura propia para ciclistas	
2 carriles ,1 en cada sentido		Distribución modal motorizado/no motorizado 80%-20%	
Ancho de carril 3m		Sin estructura semafórica en la mayoría	
Características Requeridas para el Estudio			
Transito Lento-Fluido		Ubicación de Fácil Acceso	
Vía en Construcción		Topografía Optima	



Distancia Optima	Inclinación Optima
Elevación Optima	Fácil Obtención y Proceso de Datos

Tabla 5: Consideraciones Técnicas de la Ruta Avenida 24 de Mayo- Iglesia de San miguel de Baguanchi (Paccha).

Fuente: Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la Ciudad de Cuenca, 2015.

Ruta 4: Parque Industrial – Iglesia de la Comunidad de Bibín

La cuarta ruta inicia su recorrido en las calles Juan Eljuri Chica y 25 de Marzo a la altura del Puente de las Monjas sobre el Rio Machangara, Sector del Parque Industrial, continua su trayecto por la calle 25 de Marzo cruza la intersección con la Vía principal a Bibín y toma su recorrido hasta terminar en la Iglesia del Sector de Bibín en la Parroquia de Checa (Figura 21), es una vía de ubicación urbana-industrial en su inicio, continua su recorrido por área urbana residencial y finaliza en un área rural debido a que se encuentra fuera del casco urbano de la ciudad, consta de áreas industriales acaparada por fábricas, continua por un sector urbano residencial de barrios y ciudadelas por este motivo en este sector el transito es lento permitiendo una velocidad máxima de 30 km/h, pero en la mayoría de su trayecto consta de sectores rurales residenciales por este motivo la velocidad a la cual se puede transitar cambia a 60 km/h conformada de dos carriles en ambos sentidos de circulación.

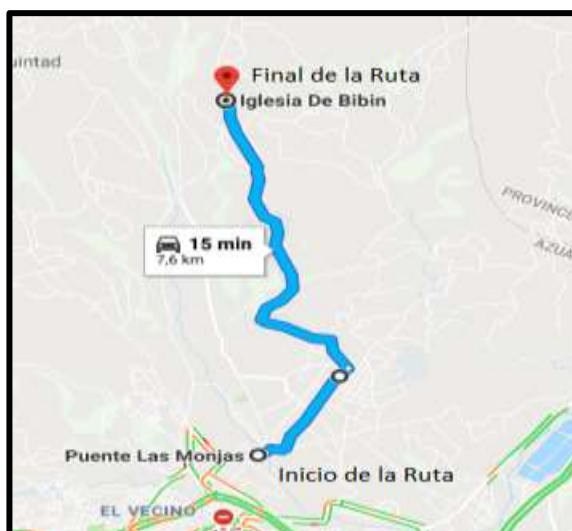


Figura 21: Recorrido Ruta Puente de las Monjas-Iglesia de la Parroquia Bibín.

Fuente: Google Maps, 2017

Se muestra a continuación el perfil de elevación de la cuarta ruta en la totalidad de su recorrido (Figura 22), la misma recorre una distancia de 12,62 km desde el punto más bajo a su cumbre máxima, su altura mínima es de 2489 m.s.n.m. y su altura máxima es de 2878 m.s.n.m. con un ascenso total de 487 metros con una diferencia de 388 metros entre sus alturas.

El tiempo en que tarda en ascender a su punto más alto que es 2878 m.s.n.m. y regresar al inicio de la ruta es un tiempo de 37,27 minutos.

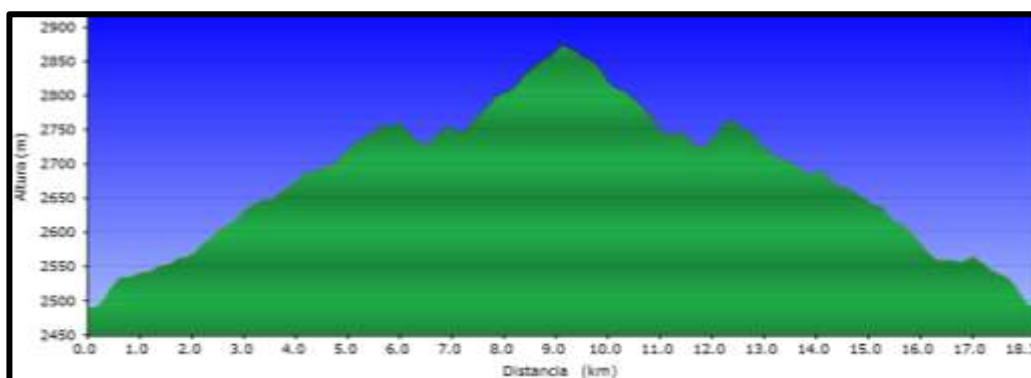


Figura 22: Perfil de elevación Parque Industrial – Iglesia de la Comunidad de Bibín.

Fuente: Utrack-Google Maps, 2017



En la Tabla 6 se detalla la Ruta Parque Industrial – Iglesia de la Parroquia Bibín.

Nombre de la Ruta	Inicio de Ruta	Fin de Ruta	Longitud Subida (km)
Parque Industrial – Iglesia de la Comunidad Bibín	Parque Industrial, Altura del Puente de las Monjas	Iglesia de Bibín	6,31
Tiempo de Recorrido Total(minutos)		Velocidad de Circulación (Km/h)	
37,27		30-60	
Área de Ubicación			
Urbana Industrial y Residencial en su Inicio – Rural en su Final			
Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Capacidad (Veh/h)	Ubicación
2	3	< 1800	Noreste
Características Geométricas		Tipo de intersecciones	
Longitud total (Km)	12,62	Semaforización	2
Direccionalidad	Doble vía	Y	12
Capacidad Vehicular	1900	T	10
Intersecciones	35	Cruz	3
Circulación de Transito	Lento- Rápido	Redondel	ninguno
Señalización	Completa	Volumen de Peatones	Alto
Modalidad Soportada			
Motorizada Privada, Transporte Publico, No Motorizado, Peatonal			
Vías que la conforman			
Puente de Las Monjas, Av. 25 de Marzo, Vía a Bibín			
Especificaciones Técnicas de la Vía			
Velocidad Máxima 50Km/h		Cuenta con acera solo en ciertos tramos	
Intensidades Vehicular entre 400 y 800 Veh/h		No cuenta con infraestructura propia para ciclistas	
2 carriles ,1 en cada sentido		Distribución modal motorizado/no motorizado 80%-20%	
Ancho de carril 3m		solo con estructura semafórica en el primer tramo	
Características Requeridas para el Estudio			
Transito Fluido		Ubicación de Fácil Acceso	
Av. 25 de Marzo Buen estado- Vía a Bibín en mal estado		Topografía Optima	
Distancia Optima		Inclinación Optima	



Elevación Optima	Fácil Obtención y Proceso de Datos
------------------	------------------------------------

Tabla 6: Consideraciones Técnicas de la Ruta Parque Industrial- Iglesia de la Comunidad de Bibín.

Fuente: Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la Ciudad de Cuenca, 2015.

Ruta 5: Redondel 12 de Octubre, Turi – El Verde, Entrada de Tarqui.

La quinta ruta inicia su recorrido en la intersección del redondel de la Avenida 12 de Octubre con la Autopista kilómetro 5,5 vía Cuenca-Azogues, continua por la Parroquia Turi y termina su recorrido en la Iglesia de la comunidad El Verde de la Parroquia Tarqui (Figura 23), su inicio se da en un área urbana conformada por barrios y zonas residenciales y finaliza su recorrido en un área rural debido a que se encuentra fuera del casco urbano de la ciudad, en su inicio al ser un área urbana se considera una vía de tránsito lento permitiendo una velocidad máxima entre 30km/h, al cambiar su recorrido a un área rural permite velocidades hasta 60km/h, Está conformada en su inicio de una vía de seis carriles, tres en cada sentido (autopista) y varía su número de carriles según cambia su trayecto a un número de dos carriles en distintos sentidos de circulación (vía Turi-Tarqui).



Figura 23: Recorrido Ruta Redondel 12 de octubre, Turi – El Verde, Entrada de Tarqui.

Fuente: Google Maps, 2017

Se presenta el perfil de elevación de la quinta ruta (Figura 24) en la totalidad de su recorrido al llegar a su punto de mayor altura y volver a su punto inicial cubriendo una distancia de 18,25 km, su altura mínima es de 2570 m.s.n.m. y su altura máxima es de 2918 m.s.n.m. con un ascenso total de 580 metros y una diferencia de altura de 348 metros.

El tiempo en que tarda en ascender a su punto más alto de 2918 m.s.n.m. y regresar al inicio de la ruta en un tiempo aproximado de 28,21 minutos.

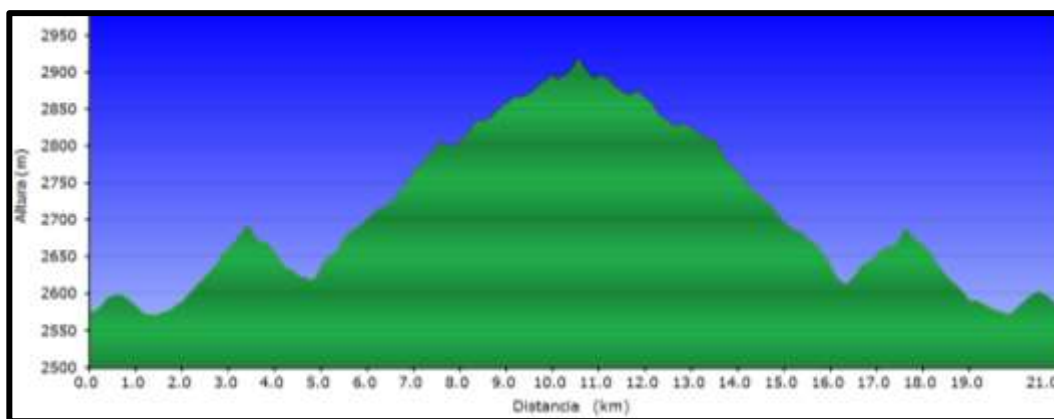


Figura 24: Perfil de elevación de la ruta redondel 12 de Octubre, Turi – El Verde, entrada de Tarqui.

Fuente: Utrack-Google Maps, 2017

En la Tabla 7 se analiza con más detalle la ruta Parque Industrial – Iglesia de la Parroquia Bibín.

Nombre de la Ruta	Inicio de Ruta	Fin de Ruta	Longitud Subida(km)
Redondel 12 de Octubre, Turi- El Verde, Tarqui	Redondel 12 de Octubre, Turi	El Verde, Entrada de Tarqui	9,12
Tiempo de Recorrido Total(minutos)		Velocidad de Circulación (Km/h)	
28,21		30-60	
Área de Ubicación			
Urbana Residencial en su Inicio – Rural en su Final			
Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Capacidad (Veh/h)	Ubicación
Inicio 6 – Final 2	3	1500-1800	Sur
Características Geométricas		Tipo de intersecciones	
Longitud total (Km)	18,25	Semaforización	1
Direccionalidad	Doble Vía	Y	5
Capacidad Vehicular	1900	T	4
Intersecciones	12	Cruz	2
Circulación de Transito	Lento- Rápido	Redondel	2
Señalización	Completa	Volumen de Peatones	Bajo
Modalidad Soportada			



Motorizada Privada, Transporte Publico, No Motorizado, Peatonal	
Vías que la conforman	
Circunvalación Sur, Vía Turi-Tarqui	
Especificaciones Técnicas de la Vía	
Velocidad Máxima 60Km/h	Cuenta con acera
Intensidades Vehicular 800 Veh/h	Cuenta con infraestructura propia para ciclistas
6 carriles inicio- 2 Carriles Final	Distribución modal motorizado/no motorizado 80%-20%
Ancho de carril 3m	Cuenta con estructura semafórica
Características Requeridas para el Estudio	
Transito Fluido	Ubicación de Fácil Acceso
Vía en buen estado	Topografía Optima
Distancia Optima	Inclinación Optima
Elevación Optima	Fácil Obtención y Proceso de Datos

Tabla 7: Consideraciones Técnicas de la Ruta Redondel 12 de Octubre, Turi- El Verde, Entrada Tarqui.

Fuente: Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la Ciudad de Cuenca, 2015.

Ruta 6: Redondel Ciudadela Kennedy – Iglesia Racar.

La sexta ruta inicia su recorrido en el redondel de la Autopista Panamericana Norte en el redondel de la entrada a la Parroquia Ricaurte, continua su recorrido por la Avenida España, llega a la Avenida de las Américas hasta la altura de la Basílica de la Santísima Trinidad, toma la Avenida Abelardo J. Andrade y termina su recorrido en la Iglesia de la Santísima Trinidad de Racar en la Parroquia Sinincay (Figura 25), su inicio se da en un área urbana formada por zonas residenciales y finaliza su recorrido en un área rural debido a que se encuentra fuera del casco urbano de la ciudad, en su primera fase atraviesa áreas urbanas considerándola una vía de tránsito lento permitiendo una velocidad máxima de 30km/h, está conformada en su inicio de una vía de cuatro carriles dos en cada sentido y aumenta su número de carriles al llegar a la Avenida de las Américas, la misma que cuenta con seis carriles dividida en tres carriles en cada sentido, según cambia su trayecto a la Avenida Abelardo J.



Andrade varia su número de carriles a un número menor de dos, los mismos que van en ambos sentidos de circulación.

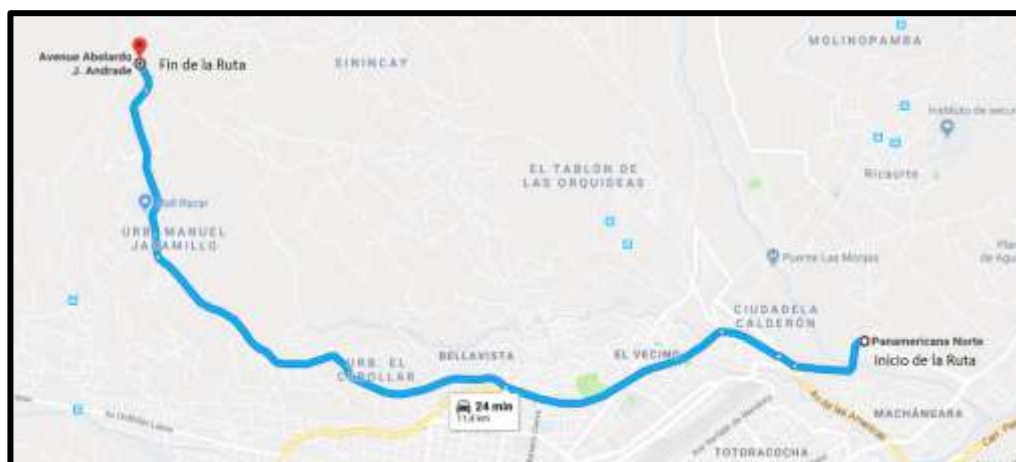


Figura 25: Ruta Recorrido Redondel Cdla. Kennedy – Iglesia Racar.

Fuente: Google Maps, 2017.

A continuación, se muestra el perfil de elevación de la sexta ruta en la totalidad de su recorrido (Figura 26), el trayecto cubre una distancia de 22,7 km desde su punto más alto a su punto más bajo, su altura mínima es de 2467 m.s.n.m. y su altura máxima es de 2925 m.s.n.m. con un ascenso total de 517 metros y una diferencia de altura de 458 metros.

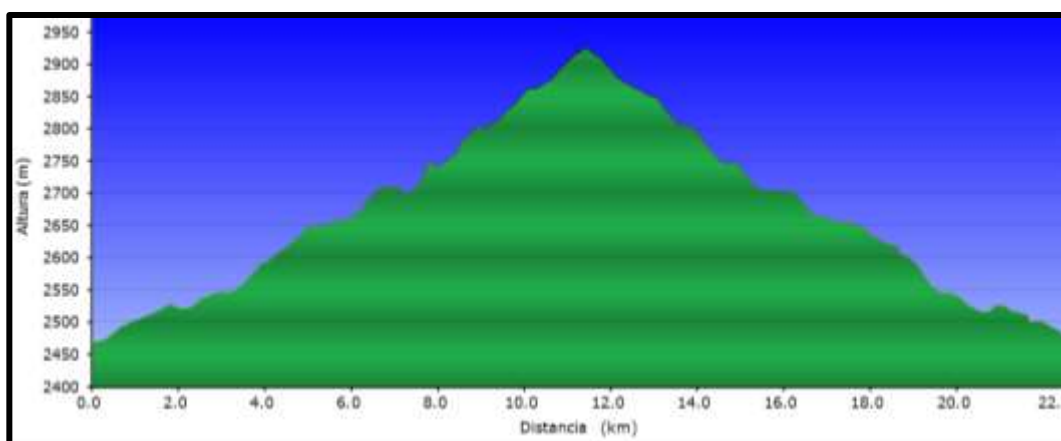


Figura 26: Perfil de elevación ruta Redondel Cdla. Kennedy – Iglesia Racar.

Fuente: Utrack-Google Maps, 2017.



En la Tabla 8 se analiza detalladamente la ruta Redondel de la Ciudadela Kennedy

– Iglesia de Racar.

Nombre de la Ruta	Inicio de Ruta	Fin de Ruta	Longitud Subida(km)
Redondel de la Ciudadela Kennedy-Iglesia de Racar	Redondel de la Ciudadela Kennedy, entrada Ricaurte	Iglesia de la Santísima Trinidad de Racar	11,35
Tiempo de Recorrido Total(minutos)		Velocidad de Circulación (Km/h)	
48,23		30-50	
Área de Ubicación			
Urbana en su Inicio - Rural en su Final			
Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Capacidad (Veh/h)	Ubicación
Inicio 4- Trayecto 6 - Final 2	3	5000	Norte
Características Geométricas		Tipo de intersecciones	
Longitud total (Km)	22,7	Semaforización	10
Direccionalidad	Doble Vía	Y	6
Capacidad Vehicular	10830	T	26
Intersecciones	56	Cruz	7
Circulación de Transito	Rápido	Redondel	3
Señalización	Completa	Volumen de Peatones	Alto
Modalidad Soportada			
Motorizada Privada, Transporte Publico, No Motorizado, Peatonal			
Vías que la conforman			
Avenida España- Avenida de la Américas - Avenida Abelardo J. Andrade			
Especificaciones Técnicas de la Vía			
Velocidad Máxima 50Km/h		Cuenta con acera	
Intensidades Vehicular 800 Veh/h/c		No Cuenta con infraestructura propia para ciclistas	
4Carriles inicio - 6Carriles trayecto- 2 Carriles Final		Distribución modal motorizado/no motorizado 80%- 20%	
Ancho de carril 3m		Cuenta con estructura semafórica	
Características Requeridas para el Estudio			
Transito Fluido		Ubicación de Fácil Acceso	
Vía en buen estado		Topografía Optima	



Distancia Optima	Inclinación Optima
Elevación Optima	Fácil Obtención y Proceso de Datos

Tabla 8: Consideraciones Técnicas de la Ruta Redondel de la Ciudadela Kennedy-Iglesia de Racar.

Fuente: Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la Ciudad de Cuenca, 2015.

Ruta 7: Puente sobre el Río Migüir – Mirador Tres Cruces, Cajas.

La séptima ruta inicia su recorrido sobre el puente del Río Migüir en la vía Cuenca-Molletudo en el kilómetro 46,4, continua su trayecto en dirección hacia Cuenca y finaliza en el Mirador Tres Cruces del Parque Nacional del Cajas en el kilómetro 35,7 de la misma vía. La totalidad de su recorrido transita por una vía rural fuera del casco urbano de la ciudad de Cuenca ubicada en el Parque Nacional El Cajas (Figura 27). En su inicio cruza por un pequeño pueblo que lleva el nombre de Migüir, se considera una vía rápida permitiendo velocidades de 60 kilómetros por hora, en todo su recorrido consta de dos carriles uno en cada dirección.



Figura 27: Recorrido Ruta Puente del Río Migüir – Tres Cruces.

Fuente: Google Maps, 2017

Se observa a continuación el perfil de elevación de la penúltima ruta (Figura 28) en la totalidad de su recorrido el cual cubre una distancia de 24,10 km, su altura mínima es de 3363 m.s.n.m. y su altura máxima es de 4154 m.s.n.m. con un ascenso total de 809 metros y una diferencia de altura de 791 metros.



El tiempo que se tarda en ascender a su punto más alto de 4154 m.s.n.m. y regresar al inicio de la ruta es un aproximado de 38,39 minutos.

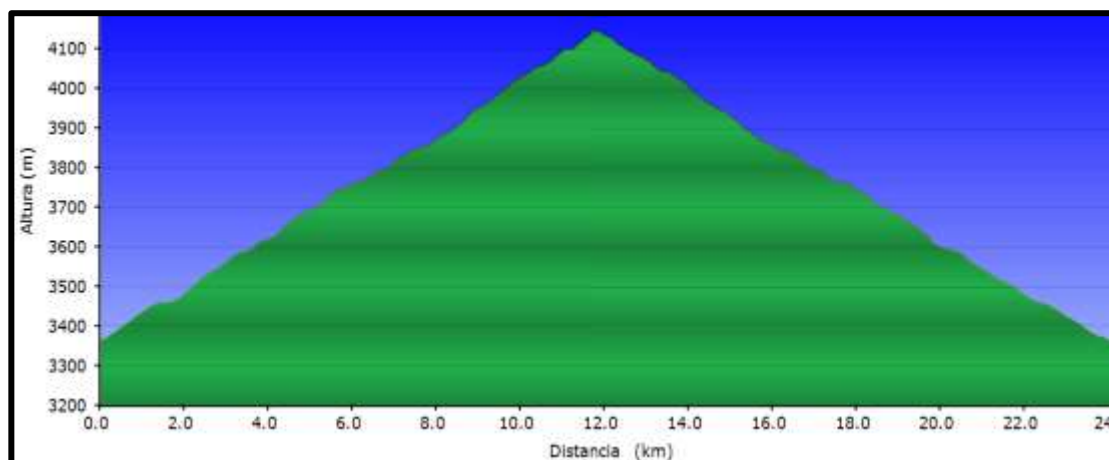


Figura 28: Perfil de elevación Ruta Puente del Rio Migüir – Tres Cruces.

Fuente: Utrack-Google Maps, 2017.

La Tabla 9 analiza con más detalle la ruta Puente de Rio Migüir-Mirador 3 Cruces

Nombre de la Ruta	Inicio de Ruta	Fin de Ruta	Longitud Subida(km)
Puente de Migüir – Mirador 3 Cruces	Puentes sobre el Rio Migüir	Mirador tres Cruces, Cajas	12,5
Tiempo de Recorrido Total(minutos)		Velocidad de Circulación (Km/h)	
38,39		60	
Área de Ubicación			
Rural en todo su Trayecto			
Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Capacidad (Veh/h)	Ubicación
2	3	<1500	Oeste
Características Geométricas		Tipo de intersecciones	
Longitud total (Km)	24,1	Semaforización	0
Direccionalidad	Doble vía	Y	1
Capacidad Vehicular	7220	T	1
Intersecciones	2	Cruz	0
Circulación de Transito	Rápido	Redondel	0



Señalización	Completa	Volumen de Peatones	bajo
Modalidad Soportada			
Motorizada Privada, Transporte Publico, No Motorizado			
Vías que la conforman			
Vía Cuenca-Molleturo-Naranjal			
Especificaciones Técnicas de la Vía			
Velocidad Máxima 60Km/h		No cuenta con acera	
Intensidades Vehicular 800 Veh/h		Cuenta con infraestructura propia para ciclistas	
2 carriles		Distribución modal motorizado/no motorizado 90%-10%	
Ancho de carril 3m		No Cuenta con estructura semafórica	
Características Requeridas para el Estudio			
Transito Fluido		Ubicación de Fácil Acceso	
Vía en buen estado		Topografía Optima	
Distancia Optima		Inclinación Optima	
Elevación Optima		Fácil Obtención y Proceso de Datos	

Tabla 9: Consideraciones Técnicas de la Ruta Migüir – Mirador 3 Cruces.

Fuente: Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la Ciudad de Cuenca, 2015.

Ruta 8: Y Sayausi – Mirador Tres Cruces (Cajas).

La Octava y última ruta que se seleccionó tiene su inicio en la intersección la Y de Sayausi entre la Vía Cuenca-Molleturo-Naranjal kilómetro 6,5 y la Avenida Ordoñez Lazo, continua todo su trayecto por esta vía y termina su recorrido en el Mirador Tres Cruces del Parque Nacional del Cajas en el kilómetro 35,7 de la misma vía (Figura 29). En el inicio de la ruta se encuentra en un área urbana en la Parroquia de Sayausi continua su recorrido por esta misma vía y termina su recorrido fuera del casco urbano de la ciudad de Cuenca ubicado en el Parque Nacional del Cajas. Su inicio se da por una zona residencial que se considera una vía de transito lento permitiendo velocidades de 30 km/h y al cambiar su tramo a una vía rápida se permite velocidades de 60km/h, en todo su recorrido consta de dos carriles uno en cada dirección.

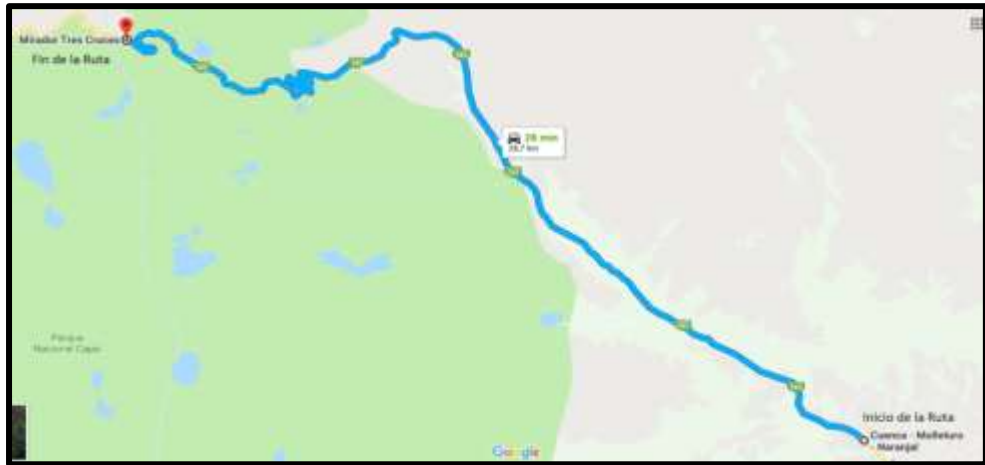


Figura 29: Recorrido Ruta Y Sayausi – Tres Cruces.

Fuente: Google Maps, 2017

Se presenta el perfil de elevación de la última ruta en la totalidad de su recorrido (Figura 30), la misma cubre una distancia de 56,1 km, su altura mínima es de 2569 m.s.n.m. y su altura máxima es de 4154 m.s.n.m. con un ascenso total de 1690 metros y una diferencia de altura de 1587 metros.

El tiempo que se tarda en ascender a su punto más alto de 4154 m.s.n.m. y regresar al inicio de la ruta es un aproximado de 1 hora con 40 minutos.

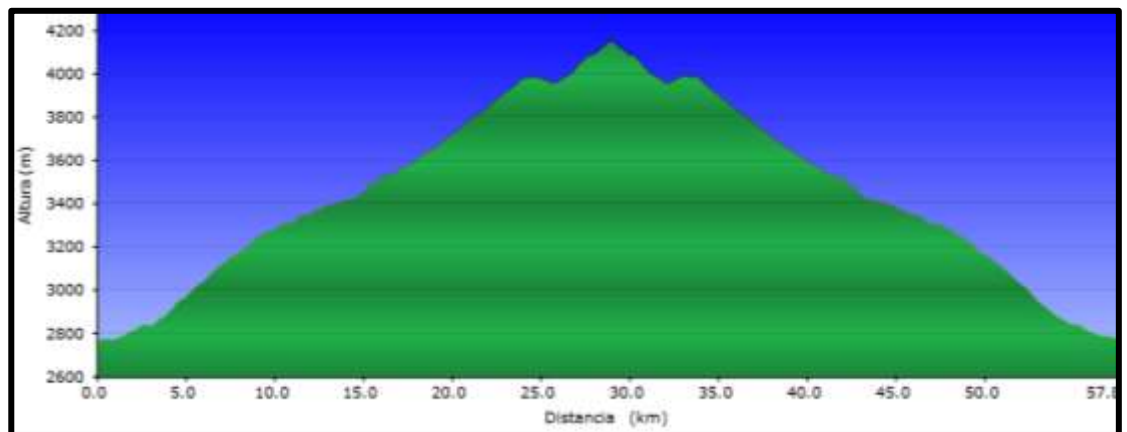


Figura 30: Perfil de elevación de la Ruta Y Sayausi –Tres Cruces.

Fuente: Utrack-Google Maps, 2017.



En la Tabla 10 presentada se analiza la ruta Y de Sayausi –Mirador 3 Cruces

Nombre de la Ruta	Inicio de Ruta	Fin de Ruta	Longitud Subida(km)
Y de Sayausí- Mirador tres Cruces, Cajas	Y de Sayausí	Mirador tres Cruces, Cajas	28,5
Tiempo de Recorrido Total(minutos)		Velocidad de Circulación (Km/h)	
1H y 40 min		60	
Área de Ubicación			
Rural en todo su Trayecto			
Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Capacidad (Veh/h)	Ubicación
2	3	<1500	Oeste
Características Geométricas		Tipo de intersecciones	
Longitud total (Km)	56,1	Semaforización	0
Direccionalidad	Doble vía	Y	2
Capacidad Vehicular	5000	T	1
Intersecciones	7	Cruz	0
Circulación de Transito	Rápido	Redondel	0
Señalización	Completa	Volumen de Peatones	bajo
Modalidad Soportada			
Motorizada Privada, Transporte Publico, No Motorizado			
Vías que la conforman			
Vía Cuenca-Molleturo-Naranjal			
Especificaciones Técnicas de la Vía			
Velocidad Máxima 60Km/h		No cuenta con acera	
Intensidades Vehicular 800 Veh/h/c		Cuenta con infraestructura propia para ciclistas	
2 Carriles		Distribución modal motorizado/no motorizado 90%-10%	
Ancho de carril 3m		No cuenta con estructura semafórica	
Características Requeridas para el Estudio			
Transito Fluido		Ubicación de Fácil Acceso	
Vía en buen estado		Topografía Optima	
Distancia Optima		Inclinación Optima	
Elevación Optima		Fácil Obtención y Proceso de Datos	

Tabla 10: Consideraciones Técnicas de la Ruta Y de Sayausi-Mirador 3 Cruces.

Fuente: Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la Ciudad de Cuenca, 2015



2.5. Procesamiento de datos

Una vez completos los recorridos se adquiere la información necesaria para poder analizar las diferentes rutas y seleccionar las más adecuadas, el análisis de cada una de ellas se lo realiza una vez descargada la información del equipo GPS.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
Track_BIBIN.gpx	13/10/2017 16:40	Archivo GPX
Track_MIGUIR.gpx	13/10/2017 17:23	Archivo GPX
Track_MONAY.gpx	13/10/2017 17:45	Archivo GPX
Track_MULTIGPX	13/10/2017 18:09	Archivo GPX
Track_PACCHA.gpx	13/10/2017 18:30	Archivo GPX
Track_RACAR.gpx	13/10/2017 10:43	Archivo GPX
Track_SAYAUSSI.gpx	12/10/2017 11:21	Archivo GPX
Track_TURIGPX	12/10/2017 12:09	Archivo GPX

Figura 31: Archivos obtenidos de Rutas.

Fuente: Autores, 2017

El software que se utiliza para visualizar los datos obtenidos es el Programa MapSource versión 6.16.3., el cual pertenece al mismo sistema de programación del GPS Garmin. Adicional a esto se utilizó un programa en línea llamado Utrack el cual es un software que con ayuda de Google Maps descarga las gráficas y datos adicionales que se usan en la descripción del perfil de elevación de las rutas.

En la información descargada del GPS se describen datos como el número de muestras, la hora de la prueba, alturas, diferencias de altura, distancia, trayecto, velocidad, tiempo de ascenso, tiempo de descenso, tiempo total y posición.

La información con más relevancia es la altura y distancia, ya que, con esta, se obtienen los datos del porcentaje de pendientes en cada tramo de las rutas, necesario para la selección de las mismas para el estudio.

En la Figura 32 se puede visualizar el software MapSource una vez cargada la información de la ruta. Como ejemplo se tomó la Ruta Número Ocho que tiene su inicio en la Y de Sayausí hasta el mirador de Tres Cruces en el Parque Nacional del



Cajas, en la misma se muestra la información y el trayecto de esta ruta desde su inicio a su final.

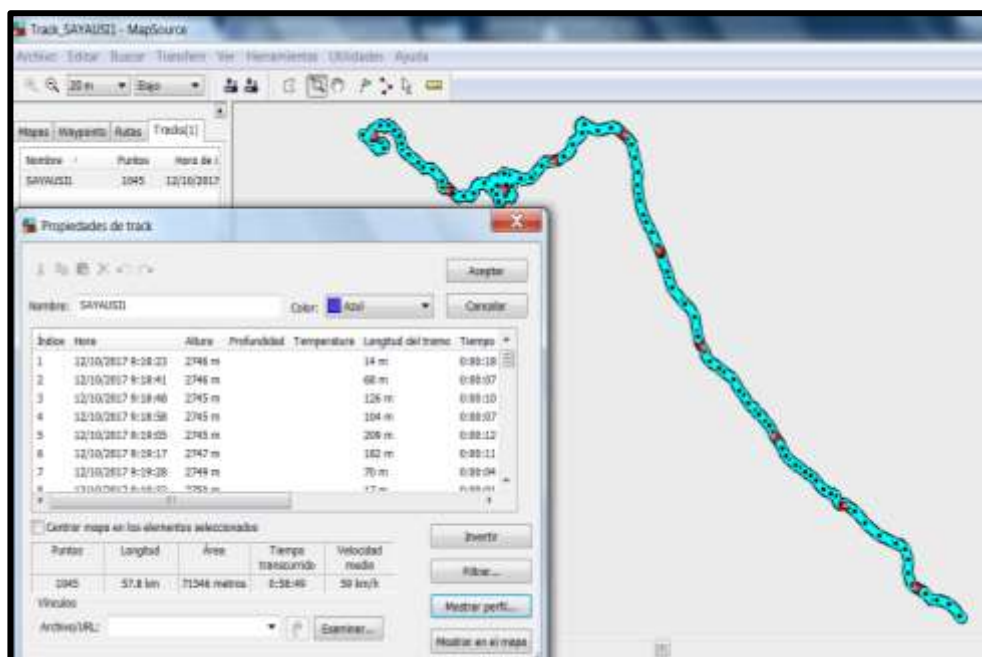


Figura 32: Visualización de Datos y Trayecto de las Ruta Y Sayausi – Tres Cruces.

Fuente: Autores, 2017.

En la Figura 33 se aprecia el perfil de elevación de la ruta usada en el ejemplo anterior la misma describe los valores de altura y distancia del trayecto, además da a conocer la posición inicial y final del recorrido, se puede también seguir el contorno de ascenso punto por punto de la toma de datos en donde se aprecia la distancia y altura en cualquier sección del perfil de ascenso.

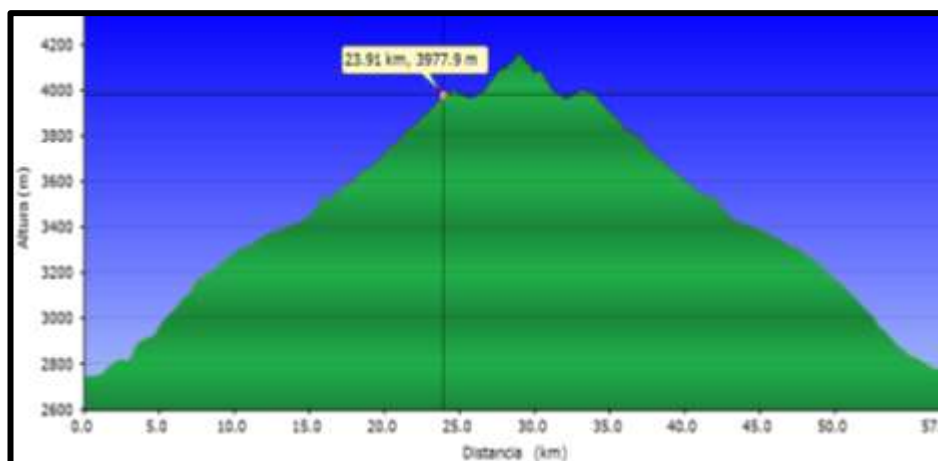


Figura 33: Perfil de elevación de Ruta Y Sayausi- Tres Cruces.

Fuente: Autores, 2017.

El procesamiento de la información se lo realiza en cada una de las rutas, al llevar los datos obtenidos en el muestreo a un software en donde se pueda facilitar su orden y proceso.

Este proceso se repite para todas las rutas, se respeta un orden lógico donde lo primero en realizarse es ordenar el número de muestras y se calcula la distancia total de cada trayecto, ya que al obtener los datos la distancia es tomada entre cada cierto límite de tiempo que dura cada muestra.

La Figura 34 presenta un porcentaje de muestras de la información descargada y la manera en que se ordenó los datos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Indice	Hora	Altura	Longitud de Tramo		Tiempo de Tramo	Velocidad	Trayecto	Posicion
2	1	03/10/2017 11:25	2448	0		0:00:02	0.3 k/h	207° verdadero	52 54.038 W78 58.351
3	2	03/10/2017 11:25	2449	35		0:00:09	14 k/h	71° verdadero	52 54.038 W78 58.351
4	3	03/10/2017 11:25	2450	74		0:00:10	27 k/h	74° verdadero	52 54.032 W78 58.334
5	4	03/10/2017 11:25	2452	6		0:00:01	23 k/h	87° verdadero	52 54.021 W78 58.295
6	5	03/10/2017 11:25	2453	6		0:00:01	22 k/h	100° verdadero	52 54.021 W78 58.292
7	6	03/10/2017 11:25	2455	6		0:00:01	23 k/h	117° verdadero	52 54.021 W78 58.289
8	7	03/10/2017 11:25	2456	7		0:00:01	24 k/h	132° verdadero	52 54.023 W78 58.286
9	8	03/10/2017 11:25	2455	8		0:00:01	27 k/h	150° verdadero	52 54.025 W78 58.283
10	9	03/10/2017 11:25	2454	8		0:00:01	30 k/h	165° verdadero	52 54.029 W78 58.281

Figura 34: Información obtenida del muestreo.

Fuente: Autores,2017

Por último, se tiene la información completa con la cual se calcula el porcentaje de pendiente en cada tramo de las rutas teniendo los datos de la altura y longitud



necesarios para este fin, esto lo hacemos para obtener la información que ayude a seleccionar los tramos que cuenten con las características de porcentaje de pendiente más aptos que se usan como una de las variables continuas en el desarrollo del diseño experimental.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Indice	Hora	Altura	Longitud de Tramo	Distancia	Tiempo de Tramo	Velocidad	Trayecto	Posicion
2	1	03/10/2017 11:25	2448	0	0	0:00:02	0.3 k/h	207° verdadero	52 54.038 W78 58.351
3	2	03/10/2017 11:25	2449	35	35	0:00:09	14 k/h	71° verdadero	52 54.038 W78 58.351
4	3	03/10/2017 11:25	2450	74	109	0:00:10	27 k/h	74° verdadero	52 54.032 W78 58.334
5	4	03/10/2017 11:25	2452	6	115	0:00:01	23 k/h	87° verdadero	52 54.021 W78 58.295
6	5	03/10/2017 11:25	2453	6	121	0:00:01	22 k/h	100° verdadero	52 54.021 W78 58.292
7	6	03/10/2017 11:25	2455	6	127	0:00:01	23 k/h	117° verdadero	52 54.021 W78 58.289
8	7	03/10/2017 11:25	2456	7	134	0:00:01	24 k/h	132° verdadero	52 54.023 W78 58.286
9	8	03/10/2017 11:25	2455	8	142	0:00:01	27 k/h	150° verdadero	52 54.025 W78 58.283
10	9	03/10/2017 11:25	2454	8	150	0:00:01	30 k/h	165° verdadero	52 54.029 W78 58.281
11	10	03/10/2017 11:26	2454	9	159	0:00:01	33 k/h	174° verdadero	52 54.033 W78 58.280
12	11	03/10/2017 11:26	2455	10	169	0:00:01	36 k/h	177° verdadero	52 54.038 W78 58.279
13	12	03/10/2017 11:26	2463	98	267	0:00:10	35 k/h	172° verdadero	52 54.043 W78 58.279
14	13	03/10/2017 11:26	2463	11	278	0:00:01	39 k/h	159° verdadero	52 54.096 W78 58.271
15	14	03/10/2017 11:26	2464	11	289	0:00:01	40 k/h	151° verdadero	52 54.101 W78 58.269
16	15	03/10/2017 11:26	2464	11	300	0:00:01	40 k/h	141° verdadero	52 54.106 W78 58.266

Figura 35: Informacion de longitud y distanciacompleta.

Fuentes: Autores,2017.

2.6. Definición de Altimetrías por Tramos:

Con ayuda de un software matemático se gráfica la altimetría de cada ruta con los datos anteriormente procesados, es decir, su respectivo perfil de elevación al cual se lo divide en tramos dependiendo de su distancia y en cada uno de ellos se coloca la media del porcentaje de pendiente respectivo, esto se realiza para mostrar los datos finales que ayudan a la selección de los trayectos de las rutas más aptos para involucrarlos en el diseño de experimentos.



Altimetría Ruta #1. Autopista km 12,7 - Parroquia Nulti.

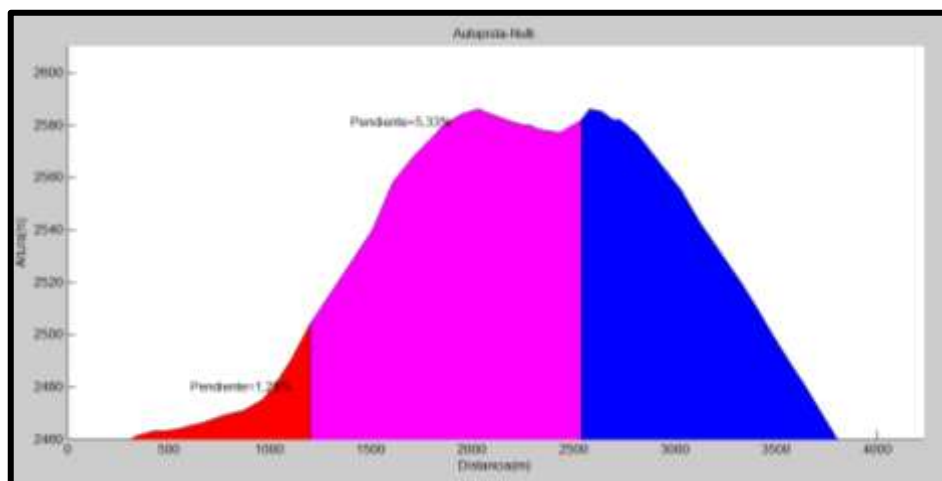


Figura 36: Altimetría Ruta 1.

Fuente: Autores 2017.

Altimetría Ruta #2. Autopista km 12,7 - Iglesia San Miguel de Baguanchi (Paccha).

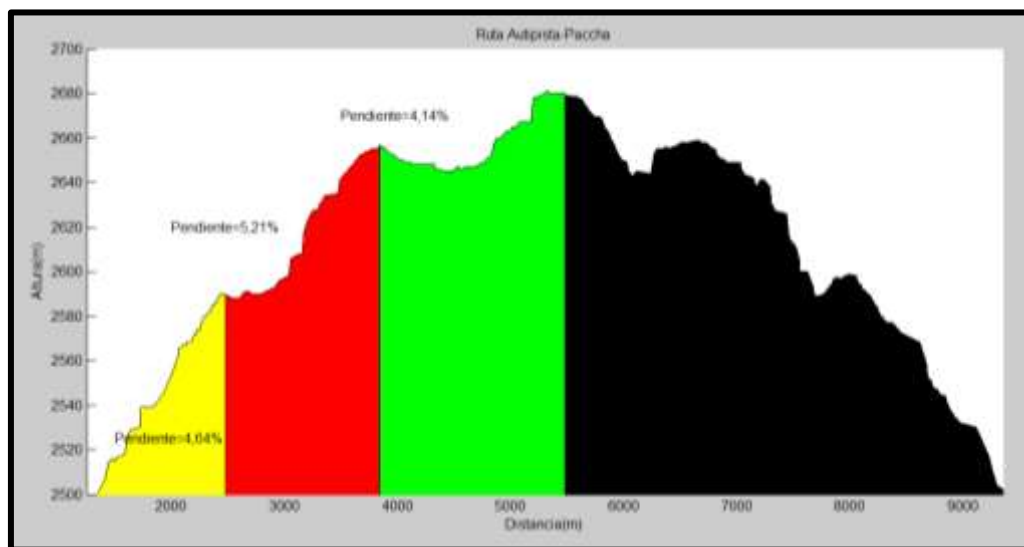


Figura 37: Altimetría Ruta 2.

Fuente: Autores 2017.



Altimetría Ruta #3. Avenida 24 de Mayo - Iglesia San Miguel de Baguanchi.

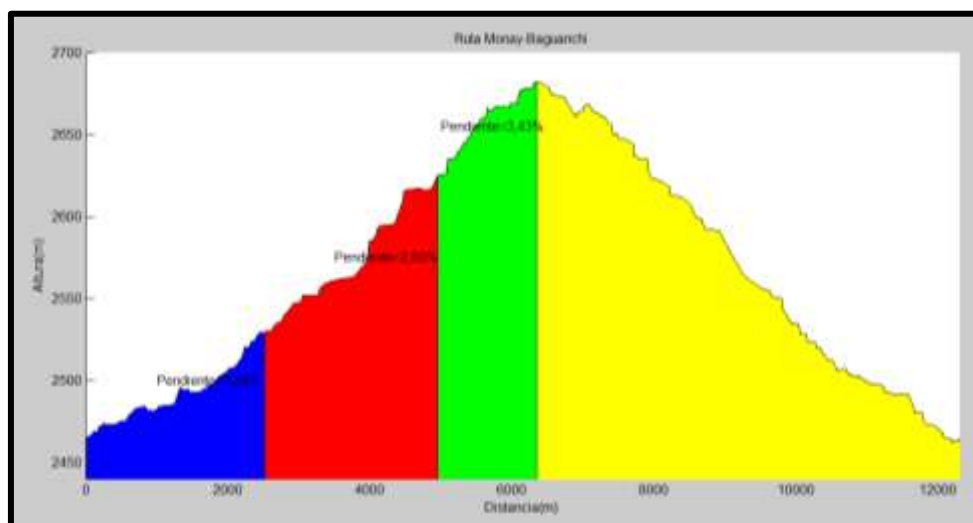


Figura 38: Altimetría Ruta 3.

Fuente: Autores 2017.

Altimetría Ruta #4. Parque Industrial - Iglesia de la Comunidad de Bibín.

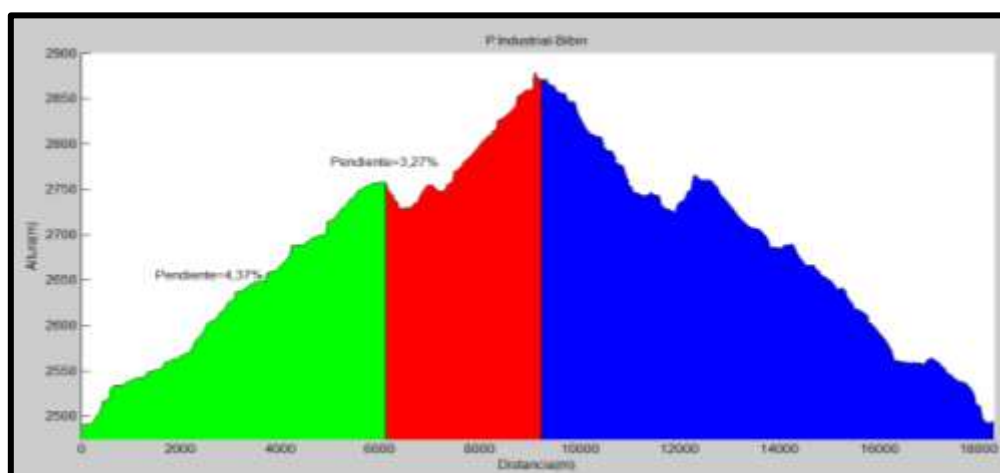


Figura 39: Altimetría Ruta 4.

Fuente: Autores 2017.



Altimetría Ruta #5. Redondel 12 de Octubre, Turi - El Verde, Entrada de Tarqui.

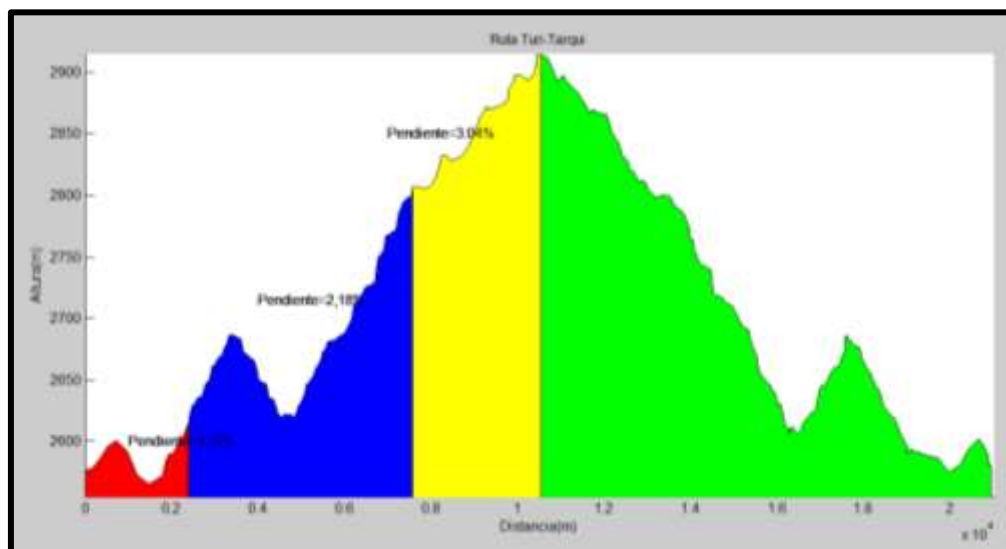


Figura 40: Altimetría Ruta 5.

Fuente: Autores 2017.

Altimetría Ruta #6. Redondel Ciudadela Kennedy - Iglesia Racar.

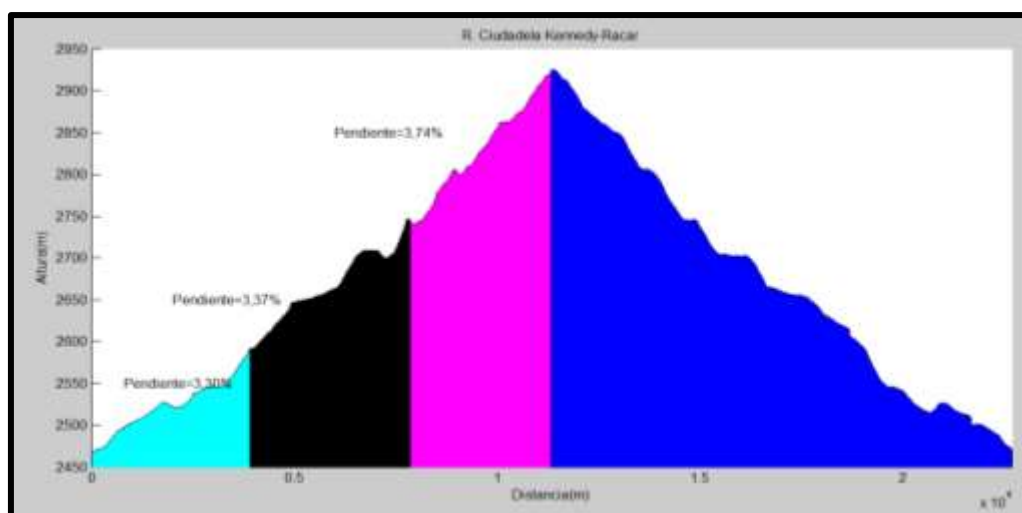


Figura 41: Altimetría Ruta 6.

Fuente: Autores 2017.



Altimetría Ruta #7. Puente sobre Rio Migüir - Tres Cruces.

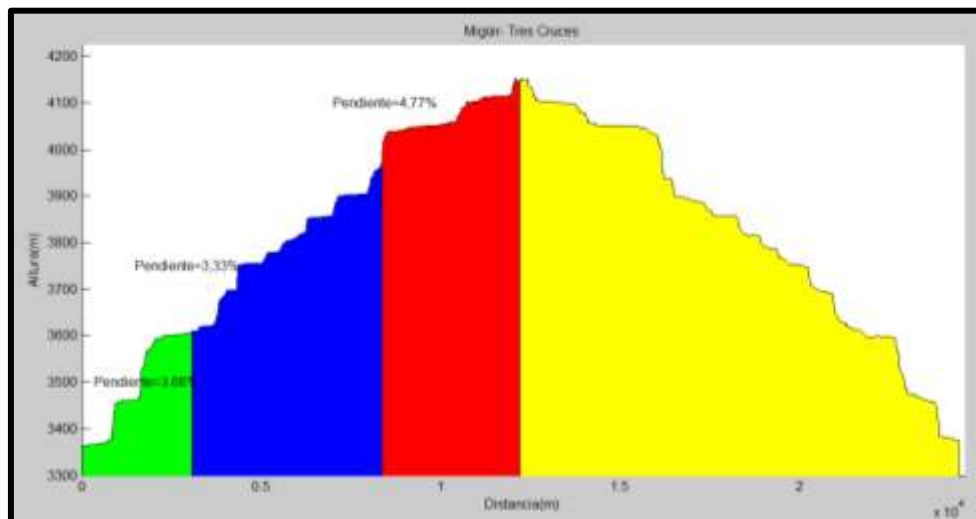


Figura 42: Altimetría Ruta 7.

Fuente: Autores 2017.

Altimetría Ruta #8. Y Sayausí - Tres Cruces.

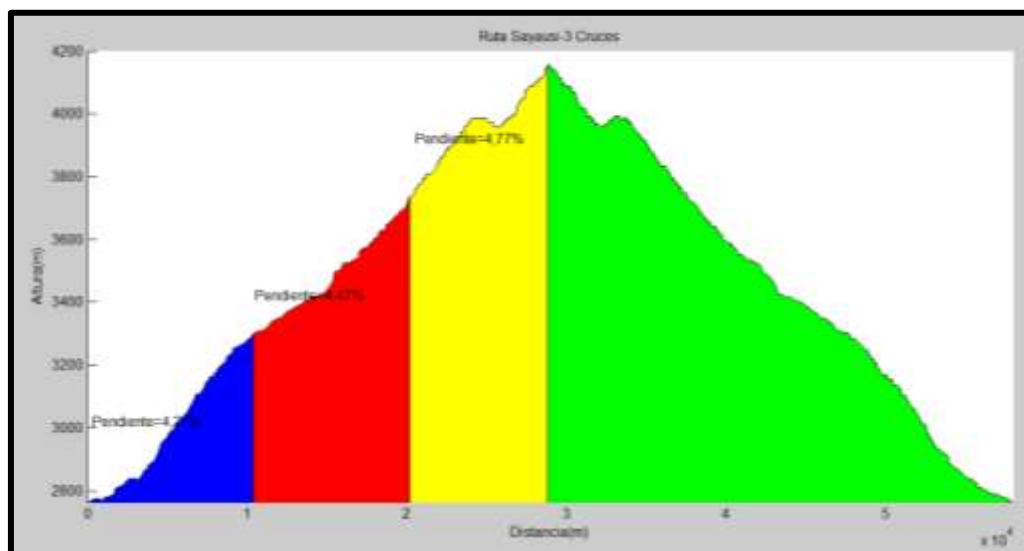


Figura 43: Altimetría Ruta 8.

Fuente: Autores 2017.

En la Tabla 11 se puede apreciar las respectivas características que finalmente se obtiene de cada ruta, las respectivas divisiones de tramos, distancias y pendientes.



Ruta #1	Tramo	%Pendiente	Distancia (Km)
Autopista Km 12.7 – Nulti	1	1,28	1
	2	4,33	1,38
	Descenso	2,39	
	Total	4,77	
Ruta #2	Tramo	%Pendiente	Distancia (Km)
Autopista Km 12.7 – Baguanchi (Paccha)	1	4,64	2,38
	2	5,21	1,38
	3	4,14	1,36
	Descenso	5,12	
	Total	10,25	
Ruta #3	Tramo	%Pendiente	Distancia(Km)
Av. 24 de Mayo –Baguanchi	1	2,24	2,43
	2	2,8	2,04
	3	3,43	1,89
	Descenso	6,36	
	Total	12,72	
Ruta #4	Tramo	%Pendiente	Distancia(Km)
P. Industrial Bibín	1	4,37	5,79
	2	3,27	3,36
	Descenso	9,15	
	Total	18,3	
Ruta #5	Tramo	%Pendiente	Distancia(Km)
Turi-Tarqui	1	0,37	2,05
	2	2,18	5,24
	3	3,04	3,02
	Descenso	10,31	
	Total	20,62	
Ruta #6	Tramo	%Pendiente	Distancia(Km)
Cdla. Kennedy – Racar	1	3,3	3,92
	2	3,37	3,88
	3	3,74	3,55
	Descenso	11,36	
	Total	22,78	
Ruta #7	Tramo	%Pendiente	Distancia(Km)
Migüir – Tres Cruces	1	4,77	4,64
	2	5,14	3,26
	3	4,12	4,15



	Descenso	12,05	
	Total	24,1	
Ruta #8	Tramo	%Pendiente	Distancia(Km)
Y de Sayausí – Tres Cruces	1	4,27	10,41
	2	4,71	9,03
	3	4,77	8,61
	Descenso	28,05	
	Total	56,1	

Tabla 11: Resultado de Análisis de Rutas.**Fuente:** Autores 2017.

2.7. Diseño del Análisis Experimental

Se usa patrones estadísticos cuyo objetivo final es determinar si ciertos factores intervienen en la variable de respuesta que se estudia y de darse la intervención e influencia de algún factor, medir o calcular dicha influencia.

Los métodos y procesos en los cuales se fundamenta un diseño de experimentos son a través de un muestreo, a través de corridas experimentales y tomando en cuenta ciertas variables y procesos. Si el experimento se realiza en un laboratorio donde la mayoría de factores se pueden controlar, el error al realizar el experimento será muy pequeño y habrá una pequeña variación en los resultados con lo cual se logra obtener una respuesta más exacta y más confiable.

La finalidad de realizar un diseño de experimentos es determinar cómo cambia bajo distintas condiciones la variable de respuesta. Si la forma en que varía el experimento es muy grande, solo se va a detectar la influencia del uso del tratamiento cuando este produzca grandes cambios en relación con el error de observación.

Un diseño experimental se desarrolla por los siguientes motivos:

- Definir las causas principales por las cuales hay un cambio en la respuesta.
- Descubrir las condiciones experimentales mediante las cuales se llega a conseguir un valor extremo en la variable que se estudia.
- Para hacer una comparación de las respuestas que se obtienen en distintos niveles de observación de las variables que se pueden controlar.
- Para tratar de conseguir un modelo estadístico basándose en la matemática, que permita realizar un pronóstico de las respuestas futuras que se puedan conseguir al realizar el experimento.



Dentro de las experimentaciones se pueden obtener un número muy elevado de variables, de las cuales no todas aportan información significativa, razón por la que se aplican metodologías estadísticas que determinan la priorización de una de ellas, para este estudio es importante definirlas con el objetivo de mirar un correcto comportamiento del consumo de autonomía del VE.

Variables involucradas en el experimento

Variables controlables

Son aquellas sobre las cuales se puede ejercer un control durante el experimento.

Y son las siguientes (Tabla 12):

- Carga (número de ocupantes en Kg).
- Distancia de recorrido en kilómetros. (Km)
- Pendiente de la vía (%)

Porcentaje de pendiente en la vía.

Este factor se obtuvo mediante un cálculo matemático y posteriormente se determinaron los valores máximos y mínimos presentes en cada ruta, luego se seleccionaron los adecuados para realizar el experimento.

Distancia de recorrido (m)

Estos valores se determinaron mediante el uso del GPS para obtener la distancia de recorrido en cada ruta, posteriormente se procedió a dividir cada ruta en tramos con sus respectivos porcentajes de pendientes presentes.

Para determinar las distancias a usar se toman valores arbitrarios para que el diseño experimental tenga una sustentación científica, se usan los trayectos mínimos y máximos de cada tramo en las distintas rutas.

Carga del VE (Kg)

Para esto se tomó como medida mínima el peso total del vehículo más el conductor y el acompañante dando una cantidad total de 1641 Kg, para el peso máxima se consideró como si el vehículo estuviera con cuatro pasajeros más y cada uno de los cuales tenía un peso de 75Kg, lo que nos daba un total de 1941 Kg, valores que se usaron en el diseño de experimentos.

Variables no controlables

Son las variables que el experimentador no puede controlar. Y son las siguientes:

- Temperatura Ambiente (°C)



- Modos de conducción
- Trafico en las vías

Temperatura ambiente (°C)

Esta es una de las variables que afectan al proceso de reacciones químicas que se producen en la batería del VE lo que a su vez influye en la autonomía del mismo. El calor es uno de los factores que favorecen el intercambio de electrones y por tanto también afecta la capacidad de almacenamiento y entrega de energía.

Modos de conducción

Una conducción agresiva es decir a altas velocidades producen un mayor consumo de la batería, esto se debe a que el motor consume mayor energía por la misma exigencia a la que es sometido de mayor velocidad, mientras que al llevar una forma moderada en la manejo se alarga la autonomía del VE.

Trafico en las vías

El vehículo consume mayor energía para vencer la inercia al partir del reposo ya que cuando hay mayor tráfico el mismo está obligado a realizar múltiples paradas y esto afecta a su autonomía.

Variables de estudio.

En este experimento se consideraron tres variables de estudio:

- Porcentaje de pendiente de la vía
- Distancia de recorrido(Km)
- Carga del VE (Kg)

Variable de respuesta.

En este estudio la variable de respuesta es la autonomía de la batería.

Variables Seleccionadas			
Carga (Kg)	Pendiente (%)	Recorrido (Km)	Consumo de Autonomía
Variables Continuas		Variable Categórica	Variable de Respuesta

Tabla 12: Variables de estudio.

Fuente: Autores 2017.



El experimento usa tres variables controlables como son: la carga, distancia de recorrido y el porcentaje de pendiente para determinar la variable de salida que en este caso es el consumo de batería.

2.8. Selección de rutas

Para la selección de rutas se toman en cuenta las tres variables antes mencionadas realizando un cálculo matemático se obtuvieron los valores máximos y mínimos de todas las rutas en cuanto al porcentaje de pendiente y distancia de recorrido.

Donde se obtuvo que el porcentaje mínimo de pendiente de 0.37% y el máximo de 5.21%. En la distancia de recorrido se obtuvieron los siguientes valores, distancia máxima 1.36 Km, distancia mínima 0.75Km.

Al dividir las rutas por tramos y al realizar un análisis previo se optó por las rutas de Turi, Paccha y Monay para realizar el experimento, las mismas cumplen con los valores designados en el análisis experimental para la toma de muestras.

Finalmente, el diseño de experimentos muestra un resultado total de 110 pruebas a realizarse, para obtener este valor se realizaron 4 repeticiones con aleatorización.

Mediante la secuencia y la aleatoriedad de las muestras se consigue disminuir el error en la adquisición de datos de las mismas, así como reducir la influencia de los factores o variables que no se pueden controlar, la importancia de esto radica en que se puede generar un óptimo resultado del experimento.

Además, se usaron puntos intermedios, para dar una mayor exactitud a los resultados de las pruebas.



Protocolo de Adquisición de datos.

3.1. Adquisición de datos

Tras la elaboración del diseño de experimentos en el capítulo anterior se realiza la toma de datos en los respectivos tramos bajo las condiciones ya estipuladas anteriormente por el diseño de experimentos, la adquisición de datos se la realizara mediante el software Emolab 2.0. (Figura 43), el cual se basa en una programación desarrollada en base a LabVIEW, el mismo obtiene parámetros de funcionamiento a través de sistemas periféricos conectados al O.B.D.II del vehículo, esta información se adquiere respetando una secuencia dada por el diseño experimental definida anteriormente, para establecer el consumo de autonomía de la batería. El programa mencionado se caracteriza por que al realizar la conexión con la Unidad de Control del V.E. adquiere datos que muestran información en general de todos los parámetros de funcionamiento como son: temperatura de la batería, tiempo de duración de la toma de datos y recorrido, porcentaje de aceleración, velocidad, posicionamiento global, kilometraje y la más relevante para este estudio el porcentaje de carga de la batería en el cual se va a visualizar su autonomía.



Figura 44: Ventana Principal, Software Emolab 2.0.1.

Fuente: Ing. Paul Ortiz.

3.2. Protocolo para muestreo según el Diseño de Experimentos

Al tener el diseño de experimentos ya planteado en conjunto con las variables y parámetros que lo conforman, se realiza la toma de las 110 muestras o corridas experimentales que dan como resultado el comportamiento de consumo de autonomía de batería frente a las variables de estudio porcentaje de pendiente, distancia de recorrido y carga adaptada a un diseño de experimentos.

En la Figura 44 se observa cierto número de las corridas experimentales obtenidas después de realizarse el diseño, El orden detalla las características que cada corrida experimental tiene con sus respectivas variables y el orden en que se realizan. Toda esta información se la coloco en las 110 pruebas a realizar.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	O. Aleatorio	O. Normal			Carga	Pendiente	Recorrido	Peso	Tramo	Ruta
2	3	1	1	1	1641	5,21	0,75 mínimo			2 Paccha
3	38	2	-1	1	1641	2,79	1,36 mínimo			2 Monay
4	82	3	-1	1	1641	2,79	1,36 mínimo			2 Monay
5	73	4	-1	1	1791	0,37	0,75 medio			1 Turi
6	93	5	-1	1	1641	2,79	0,75 mínimo			2 Monay
7	106	6	-1	1	1791	0,37	1,36 medio			1 Turi
8	7	7	-1	1	1791	0,37	0,75 medio			1 Turi
9	65	8	0	1	1791	2,79	1,36 medio			2 Monay
10	95	9	-1	1	1791	0,37	0,75 medio			2 Monay
11	103	10	1	1	1941	5,21	1,36 máximo			2 Paccha
12	71	11	-1	1	1641	2,79	0,75 mínimo			2 Monay
13	110	12	0	1	1791	2,79	1,36 medio			2 Monay
14	47	13	1	1	1641	5,21	0,75 mínimo			2 Paccha
15	1	14	1	1	1641	0,37	0,75 mínimo			1 Turi
16	60	15	-1	1	1641	2,79	1,36 mínimo			2 Monay
17	79	16	1	1	1941	0,37	1,36 máximo			1 Turi

Figura 44: Orden detallado de corridas experimentales.

Fuente: Autores, 2017.

3.3. Protocolo de Pruebas

El protocolo de prueba describe en manera ordenada la secuencia para la adquisición de los datos de manera que se evite alguna diferencia en los resultados o que los mismos lleguen a resultados erróneos.

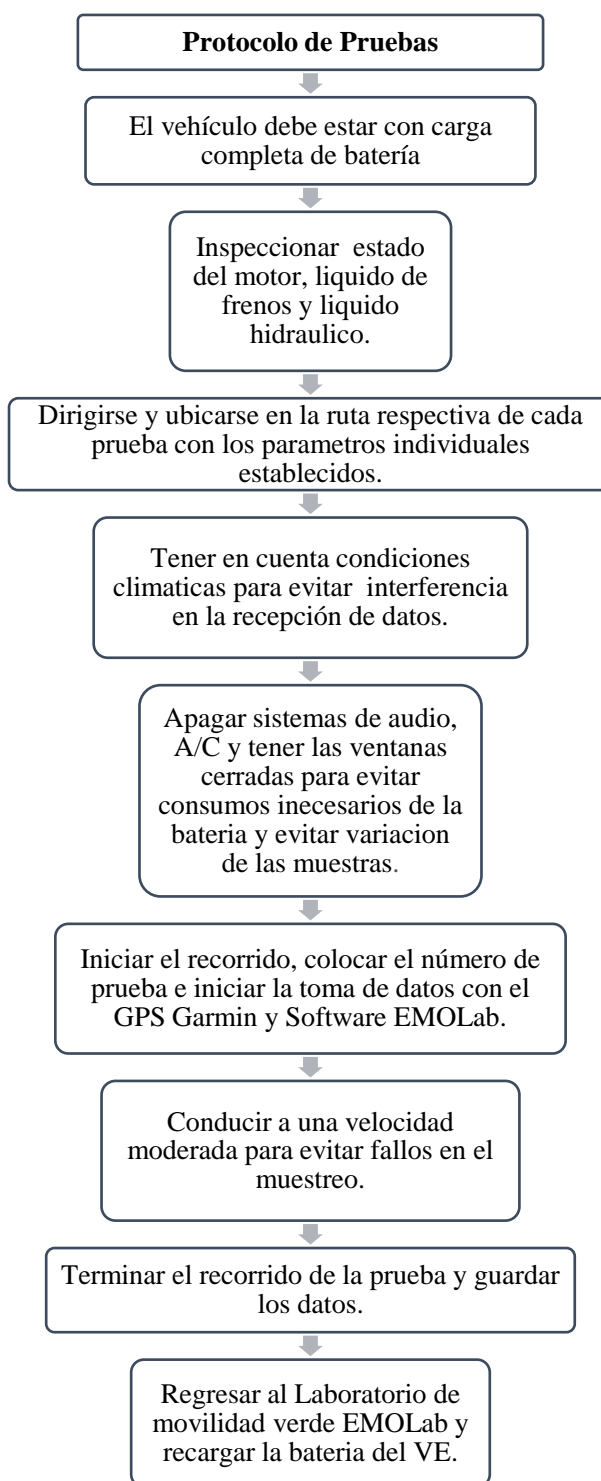


Figura 45: Protocolo de Pruebas.

Fuente: Autores. 2017.



3.4. Adquisición de Datos

La adquisición de datos se realiza considerando un muestreo individual de cada corrida experimental. Para esto se ubica en el tramo de la ruta correspondiente con las características de peso, recorrido y carga ya establecidas con anterioridad, se conectará el programa Emolab 2.0.1. Seguido se colocará el número de la prueba y como parte final se realizará los recorridos.

De toda la información que se obtendrán se seleccionara y tabulara el dato que muestre el porcentaje de batería consumido en la prueba realizada el mismo que se encuentra en la Tabla 13 con el nombre de SOC (state of charge ó estado de carga), en la tabla también se muestra cierto número de los todos los datos obtenidos.

<i>Time</i> [HH:MM:SS]	<i>Accel</i> <i>Pedal [%]</i>	<i>Speed</i> [Kmh]	<i>SOC [%]</i>	<i>Available</i> <i>Charge Power</i> [KW]
<i>Available</i> <i>Discharge Power</i> [KW]	Battery Current [A]	Battery DC Voltage [V]	Battery Max Temperature [-C]	Battery Min Temperature [-C]
<i>Battery Inlet</i> <i>Temperature [-C]</i>	Max Cell Voltage [V]	Max Cell Voltage [No,]	Min Cell Voltage [V]	Min Cell Voltage [No,]
<i>Auxiliary</i> <i>Battery Voltage</i> [V]	Cumulat ive Charge Current [Ah]	Cumulati ve Discharge Current [Ah]	Cumulati ve Charge Energy [kWH]	Cumulative Discharge Energy [kWH]
<i>Cumulative</i> <i>Operating Time</i> [Sec]	Inverter Capacitor Voltage [V]	Drive Motor Speed [rpm]	Isolation Resistance [Kohms]	Motor Actual Speed [rpm]
<i>Motor Phase</i> <i>Current [A]</i>	Motor Torque Command [Nm]	Motor Temperature [-C]	MCU Temperature [-C]	SOC Display [%]
<i>Head Sink</i> <i>Temperature [-C]</i>	ECO OFF Switch	Charge Cancel Switch	Odometer [Km]	Alt (MSL)[m]
<i>Longitud[Grad</i> <i>os]</i>	Latitud [Grados]	Alt (relativ) [m]	Timestam p [ms]	X,Y,Z mag [Gauss]

Tabla 13: Datos obtenidos con el programa Emolab 2.0.1.

Fuente: Autores.



3.5. Tabulación y Selección de Datos Obtenidos

De aproximadamente 70 datos por prueba que el programa puede adquirir, la información que será de elevada importancia será el tiempo que dura la prueba (Time [HH:MM:SS]), el consumo de batería (SOC [%]) y la distancia recorrida (Odometer [Km]), datos que se relacionaran para obtener el consumo de batería en cada corrida experimental como se muestra en la Figura 46.

	A	B	C
1	Time [HH:MM:SS]	SOC [%]	Odometer [Km]
2	12:26:44	83,5	7728,5
3	12:26:45	83,5	7728,5
4	12:26:46	83,5	7728,5
5	12:26:47	83,5	7728,5
6	12:26:48	83,5	7728,5
7	12:26:49	83,5	7728,5
8	12:26:50	83	7728,5
9	12:26:51	83	7728,5
10	12:26:52	83	7728,5
11	12:26:53	83	7728,5

Figura 46: Datos de Tiempo, Consumo y Kilometraje.

Fuente: Autores, 2017.

Una vez ordenados los datos de cada prueba lo que se realiza es la obtención del porcentaje teórico de consumo de la batería, el mismo que se obtiene al restar el consumo al inicio de la prueba dato al final de la misma, en este ejemplo se observa el consumo teórico de un 1% y como información adicional también se tiene datos sobre el tiempo de duración de la prueba, la distancia y el consumo por cada metro recorrido como se muestra en la Figura 47.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Time [HH:MM:SS]	SOC [%]	Odometer [Km]			Time [HH:MM:SS]	SOC [%]	Odometer [Km]		
2	12:26:44	83,5	7728,5			12:26:44	83,5	7728,5		
3	12:26:45	83,5	7728,5			12:26:50	83	7728,5		
4	12:26:46	83,5	7728,5			12:27:32	82,5	7728,9		
5	12:26:47	83,5	7728,5							
6	12:26:48	83,5	7728,5							
7	12:26:49	83,5	7728,5							
8	12:26:50	83	7728,5			Duración	% consu.	Distancia	Metro	Cons. x metro
9	12:26:51	83	7728,5			0:00:48	1,00	0,4	400	0,0025
10	12:26:52	83	7728,5							
11	12:26:53	83	7728,5							
12	12:26:54	83	7728,5							
13	12:26:55	83	7728,6							
14	12:26:56	83	7728,6							
15	12:26:57	83	7728,6							
16	12:26:58	83	7728,6							
17	12:26:59	83	7728,6							
18	12:27:00	83	7728,6							

Figura 47: Obtención del Consumo de Batería en cada Prueba.

Fuente: Autores, 2017.

Los porcentajes de consumos ya analizados y tabulados varían entre valores de 0,5; 1; 1,5 y 2 los cuales se muestran en la Tabla 14. En donde se observa el número de prueba y el respectivo consumo teórico de batería.

# Prueba	Consumo	# Prueba	Consumo	# Prueba	Consumo
1	1	38	1	75	1
2	1	39	1	76	0,5
3	1	40	1	77	1,5
4	1	41	0,5	78	1,5
5	1	42	1	79	1
6	1	43	0,5	80	0,5
7	0,5	44	1,5	81	1,5
8	1,5	45	1	82	1
9	1	46	0,5	83	1
10	2	47	1	84	1,5
11	0,5	48	0,5	85	1
12	1,5	49	1,5	86	0,5
13	1	50	1,5	87	1,5
14	1	51	1	88	2
15	1,5	52	1	89	0,5
16	0,5	53	0,5	90	1
17	1	54	1	91	0,5
18	1,5	55	1	92	1,5
19	1	56	1,5	93	0,5
20	1	57	1,5	94	1
21	1,5	58	1	95	1,5
22	1	59	1	96	0,5
23	1	60	1	97	1,5
24	1	61	1	98	0,5



25	0,5	62	1	99	1
26	1,5	63	1	100	0,5
27	1,5	64	2	101	0,5
28	1	65	1,5	102	1,5
29	0,5	66	1,5	103	2
30	1,5	67	1,5	104	1
31	1	68	0,5	105	1
32	0,5	69	1,5	106	1,5
33	2	70	1	107	0,5
34	1	71	1,5	108	1
35	1	72	0,5	109	1
36	1,5	73	2	110	0,5
37	1,5	74	0,5		

Tabla 14: Consumo de batería en cada prueba.

Fuente: Autores, 2017.

Los datos finales sobre el consumo teórico de cada prueba se usarán para realizar la regresión y mediante la misma obtener el análisis total del proyecto que ayuda a obtener el modelo matemático necesario para analizar el consumo real de autonomía de la batería con respecto al porcentaje de pendiente para así validar el mismo.



Análisis de Resultados

El análisis de resultados del presente trabajo, se lleva a cabo mediante el uso de una metodología de validación estadística, entre las que destacan:

4.1. Regresión.

Es un método que permitirá determinar una ecuación de aproximación a un comportamiento real debido a que es un método multivariado, mediante este método se puede determinar el valor de una variable dependiente mediante la intervención de un grupo de variables independientes. En este procedimiento interviene la estimación de mínimos cuadrados que pueden minimizar los errores de ajustes del modelo.

El tipo de regresión que se usa para obtener los resultados finales del diseño experimental es la regresión de tipo múltiple, en donde tenemos la variable de respuesta que es el consumo, las variables continuas la pendiente y la carga y la variable categórica que es el recorrido.

4.2. Análisis de Residuos.

En la Figura 48 en donde se muestra el análisis de residuos se puede detectar una no normalidad o valores atípicos en un total de tres que pueden haber sido obtenidos por errores al momento de realizar las mediciones o mala calibración del equipo de muestreo, estos valores difieren de las muestras normales de color negro debido a que se encuentra a una distancia demasiado grande aleatoriamente a ambos lados del eje x, se puede decir que no tienen influencia grande sobre la respuesta del experimento ya que no sobrepasan el 4,5% de muestras obtenidas con valores erróneos.

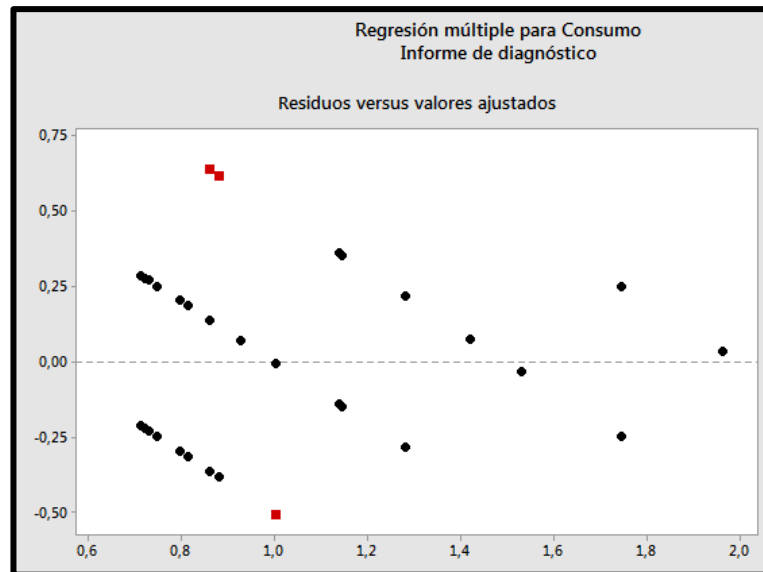


Figura 48: Análisis de Residuos.

Fuente: Autores, 2017.

4.3. Análisis de Efectos Principales.

En la (Figura 49) se observará la influencia individual que cada variable tiene sobre el consumo de la autonomía de la batería.

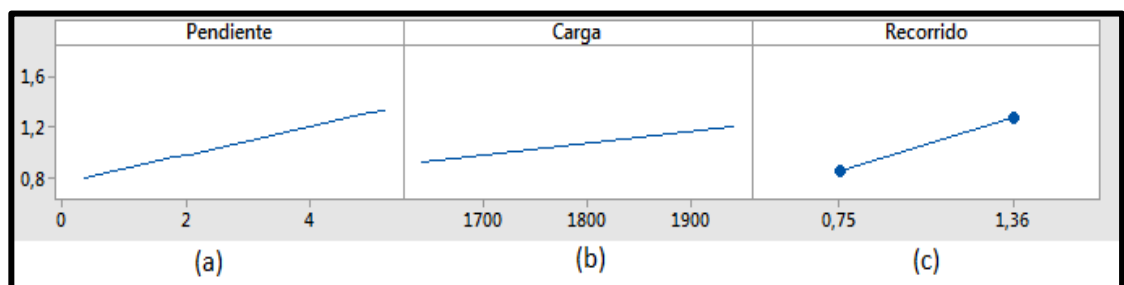


Figura 49: Efectos Principales.

Fuente: Autores, 2017.

En la Figura 49a se observa la influencia que tiene la pendiente sobre la variable de respuesta, el consumo en la autonomía se acerca a un porcentaje 0,8% al recorrer una pendiente menor de 0,37%, de igual manera se observa en el mismo grafico un incremento en el consumo en la autonomía debido al aumento del porcentaje de pendiente que se debe superar, teniendo resultados cercanos a 1,2% y 1,4% cuando las pendientes son de 2,79% y 5,21% respectivamente.

En la Figura 49b se muestra también la relación del consumo de autonomía de la batería en este caso con respecto a las variaciones de carga a las que se vio sometido el vehículo, como se puede observar la influencia de la variable carga no afecta de



manera significativa a la respuesta dando porcentajes de consumo de 0,8% cuando se realiza las pruebas con una carga menor total de 1641 kilogramos, se observa también como hay muy poca influencia sobre la autonomía de la batería un 0.9% de consumo cuando se tiene una carga media total de 1791 kilogramos, también al realizar las pruebas con máxima capacidad de carga de 1941 kilogramos la variable respuesta tiene cierto incremento llegando a 1,08% de consumo con respecto a las pruebas realizadas con estas características.

En la Figura 49c se muestra el comportamiento de la variable consumo en relación con el recorrido, el mismo que también influye sobre la autonomía de la batería del vehículo eléctrico mostrando un porcentaje consumido de 0,9% cuando realizamos las pruebas con un recorrido de 0,75 kilómetros, el resultado vario a un mayor consumo de 1,3% cuando el recorrido es igual a 1,36 kilómetros.

4.4. Análisis Efectos Cruzados.

En este análisis de graficas (Figura 50) se va a interpretar la interacción que tienen las variables: pendiente, carga y recorrido con respecto a la variable de respuesta que es el consumo de autonomía de la batería, mientras las líneas sean paralelas no habrá influencia entre ellas y mientras las mismas tenga algún punto de intersección mayor será la interacción de las mismas.

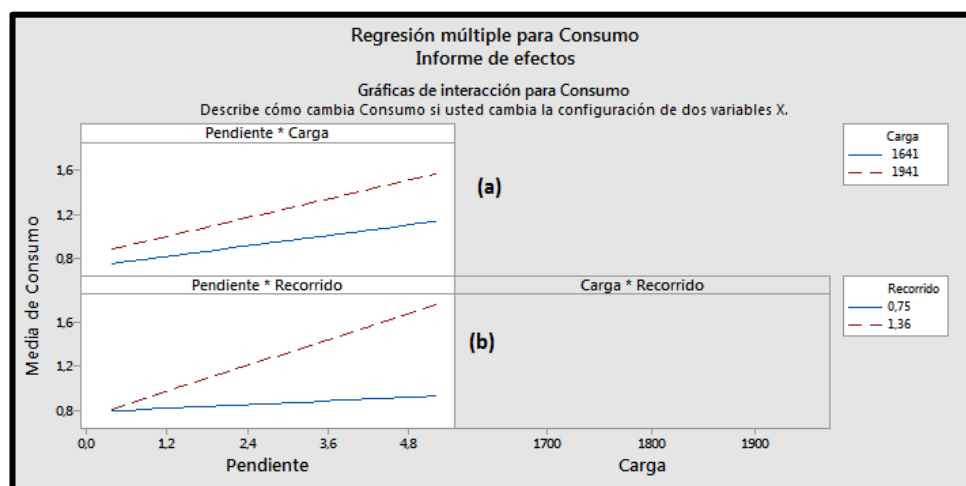


Figura 50: Efectos Cruzados.

Fuente: Autores, 2017.

En la Figura 50a se observa cómo influye la pendiente y carga con respecto al consumo de la batería, la misma muestra un ligero efecto de intersección cuando el porcentaje de pendiente es menor, al aumentar la pendiente y la carga se observa



como las líneas de las variables tienden a hacerse paralelas lo que indica que no hay interacción entre ellas.

En la Figura 50b se muestra un comportamiento más influyente entre las variables en este caso entre la pendiente y recorrido, se observa una intersección y la influencia entre estas variables cuando la pendiente y el recorrido son de valores menores y sus diferentes patrones de consumo, al aumentar estas variables a porcentajes mayores también se ve incrementado el porcentaje de consumo al mostrar un rango amplio de crecimiento.

4.5. Relación de la Variable de Respuesta y las Variables Independientes.

La relación que tienen la variable dependiente (Autonomía) y las variables independientes (carga, recorrido, % de pendiente) es de mucho interés estadístico debido a que cuanto el valor de P se aproxime más a cero el nivel de significancia será mayor teniendo una mayor confianza en el análisis. Por lo tanto, existe una fuerte relación entre la variable de análisis y las variables que influyeron en la misma. Como se puede observar en la Figura 51.

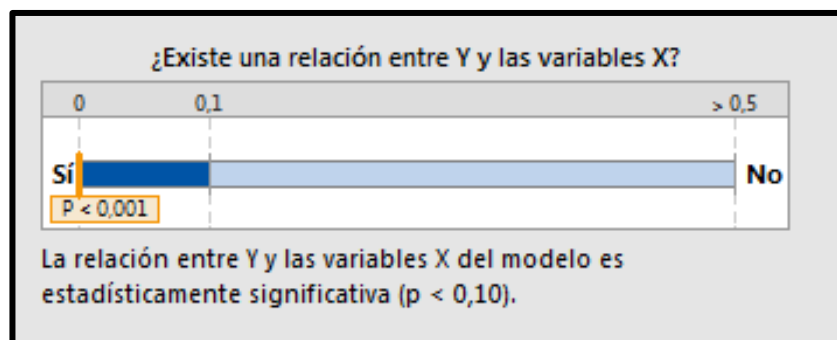


Figura 51: Relación entre Variables.

Fuente: Autores, 2017.

En la Figura 52 se observa la relación de influencia de las variables independientes con respecto al consumo de la autonomía del VE, muestra también los diferentes estados en los que trabajo cada variable, el porcentaje de consumo a los que se llegó con cada uno y un análisis individual de las mismas.

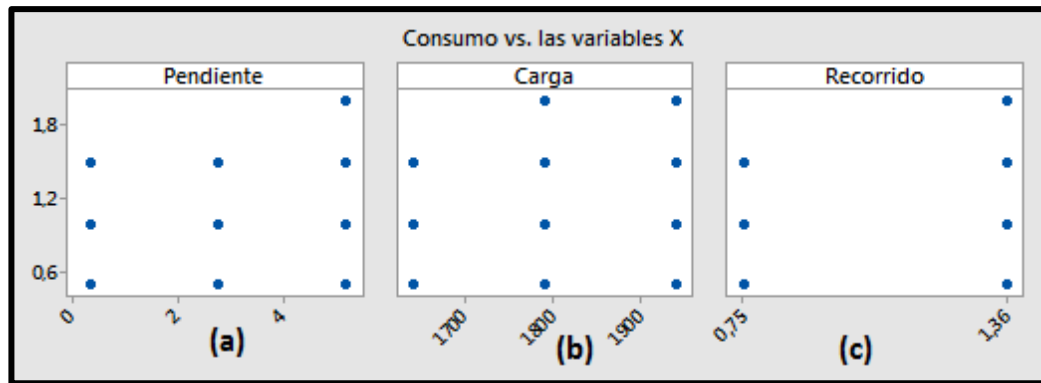


Figura 52: Influencia de Variables en el Consumo de Autonomía.

Fuente: Autores, 2017.

En la Figura 52a se muestra la influencia de la variable porcentaje de pendiente sobre el consumo de autonomía de la batería, la misma tiene mayor influencia en la respuesta cuando el porcentaje se incrementa.

En la Figura 52b se observa la influencia de la cantidad de carga sobre la variable de respuesta, la cual aumenta cuando se realiza recorridos con cargas de valores medios y máximos, es decir el consumo es mayor cuando la carga es más elevada.

En la última Figura 52c se observa la variable categórica la cual influye de manera significativa en el consumo al tener un recorrido mayor aumenta el consumo.

4.6. Modelo Matemático para la definición de Consumo de Autonomía de la Batería.

El modelo matemático que define el consumo de Autonomía de la batería con respecto al porcentaje de pendiente se la obtiene al realizar el análisis estadístico, mismo que nos presenta una ecuación que depende de la variable categórica y que presenta dos estados de recorrido.

Variable de Respuesta	Consumo Autonomía	Consumo de Autonomía de la Batería
Variables Continuas	Porcentaje de Pendiente %	X1
	Carga (Kg)	X2
Variable Categórica	Recorrido (km)	0,75
		1,36

Tabla 15: Variables presentes en la Ecuación de Consumo.

Fuente: Autores, 2017.



Ecuaciones de Modelo Matemático para el consumo de batería:

Ecuación con recorrido de 0,75 (km)

$$\text{Consumo de batería} = 0,128 - 0,342x_1 + 0,000368x_2 + 0,000207 x_1 * x_2$$

Ecuación 1

Ecuación con recorrido de 1,36 (km)

$$\text{Consumo de batería} = 0,085 - 0,177x_1 + 0,000368x_2 + 0,000207 x_1 * x_2$$

Ecuación 2

Regresión múltiple para Consumo Informe de ecuaciones del modelo		
X1: Pendiente X2: Carga X3: Recorrido		
Recorrido	Ecuaciones finales	
0,75	Consumo = $0,128 - 0,342 X_1 + 0,000368 X_2 + 0,000207 X_1 * X_2$	
1,36	Consumo = $0,085 - 0,177 X_1 + 0,000368 X_2 + 0,000207 X_1 * X_2$	

Figura 53: Modelo Matemático para el Consumo de Autonomía.

Fuente: Autores, 2017.

4.7. Autonomía Teórica.

Se realiza el cálculo de la autonomía teórica para tener un punto de comparación con el modelo matemático ya obtenido y validar de esta manera el experimento. Para lo cual se requieren datos como son los que se presentan en la Tabla 16, el estado de carga completo de la batería (SOC %), en este caso también se toma el porcentaje de carga de la batería en el inicio (65,5; 73) y al final (64,5; 72) de las pruebas (59; 10) debido a que se usaron dos distintos recorridos (0,75 Km; 1,36 Km), sus respectivos porcentajes de consumo de autonomía (1%; 2%).

Número de Pruebas	Recorrido (Km)	% de Carga al Inicio de la prueba	% de Carga al fin de la prueba	Consumo de Autonomía Teórico	S OC% (Km)
59	0,75	65,5	64,5	1	16
10	1,36	73	72	2	5

Tabla 16: Datos para el cálculo de Autonomía Teórica.

Fuente: Autores, 2017.



$$\text{Autonomia Teorica: } \left[\frac{SOC(\%) * \text{Autonomia en vacio}}{100 \%} \right]$$

Ecuación 3: Formula de la autonomía Teórica

Fuentes: (Bueno J. Claudio, 2017)

Se calcula la autonomía teórica para los dos diferentes recorridos con los datos de la Tabla 16, los mismos que se sustituyen en la ecuación 3:

Se usa el porcentaje de autonomía de batería al final del recorrido de 64,5 % en la prueba 59 con un recorrido de 0,75km, debido a que es el valor final y que a partir del mismo se tendrá el dato exacto de cuántos kilómetros de autonomía le quedan aún al vehículo.

$$\text{Autonomia Teorica: } \left[\frac{64,5(\%)*165(Km)}{100(\%)} \right]$$

Autonomia Teorica = 106,42 Km de autonomía con un recorrido de 0.75 Km

Se usa el porcentaje de autonomía de batería de 73% en la prueba 10 con un recorrido de 1,36 km, debido a que es el valor final y que a partir del mismo se tendrá el dato exacto de cuántos kilómetros de autonomía le quedan aún al vehículo.

$$\text{Autonomia Teorica: } \left[\frac{72\%*165Km}{100\%} \right]$$

Autonomia Teorica = 118,8 Km de Autonomía con un recorrido de 1,36 Km.

4.7. Validación del Experimento.

La validación del experimento consta de la comparación de resultados del cálculo de la autonomía teórica en los dos estados de recorrido contra los resultados del cálculo de autonomía real, estos últimos se obtienen con ayuda de los modelos matemáticos obtenidos con la regresión en los dos estados de recorrido a los que se dará valores de pendiente y carga correspondientes a las pruebas tomadas como ejemplo y de esta manera obtener el consumo de autonomía real.

A continuación, se muestra los valores de las variables que influyen en la ecuación la pendiente y carga que se tomaran como ejemplo para el cálculo del consumo de batería.



Variable Categórica	Numero de Prueba	Variables Continuas		Consumo Teórico
Distancia		Porcentaje de Pendiente (%) – (X1)	Carga (Kg) – (X2)	
0,75	59	5,21	1791	1
1,36	10	5,21	1971	2

Tabla 17: Valores de las Variables.

Fuente: Autores, 2017.

Ecuación de consumo real de la batería con un recorrido de 0,75 (km)

Consumo de Batería Real

$$= 0,128 - 0,342x_1 + 0,000368x_2 + 0,000207 x_1 * x_2$$

$$C.B.R. = 0,128 - 0,342(5,21) + 0,000368(1791) + 0,000207 (5,21) * (1791)$$

$$C.B.R.= 0,93$$

Ecuación con consumo real de la batería con un recorrido de 1,36 (km)

Consumo de Batería Real

$$= 0,085 - 0,177x_1 + 0,000368x_2 + 0,000207 x_1 * x_2$$

$$C.B.R. = 0,085 - 0,177(5,21) + 0,000368(1941) + 0,000207 (5,21)(1941)$$

$$C.B.R.= 1,97$$

Al tener ya los diferentes datos de consumo de autonomía de batería tanto teórico como real se procederá a encontrar el porcentaje de diferencia o error que presentan las respuestas obtenidas.

Comparación de consumo de autonomía de la batería con el valor de 0,75 Km

El consumo de autonomía de batería con un recorrido de 0,75 km en la muestra número 59 nos arroja un resultado teórico de 1%, la Tabla 18 se comparará y obtiene la diferencia con el valor real y su rango de error.

Consumo de Autonomía Batería Teórica	1
Consumo de Autonomía Batería Real	0,93
Diferencia de Autonomía Teórica-Real	0,07
Rango de error Aproximado	0,07

Tabla 18: Rango de error entre consumo real y consumo teórico.

Fuente: Autores, 2017



Se puede observar que el resultado obtenido con el desarrollo del diseño de experimentos para la obtención de un modelo matemático que se acerque al consumo teórico muestra una diferencia mínima con respecto al valor real, permitiéndonos validar la ecuación obtenida con la regresión, como un modelo matemático óptimo para la determinación del consumo de autonomía de la batería del VE con respecto al porcentaje de pendiente teniendo como distancia de recorrido 0,75 km.

Comparación de consumo de autonomía de la batería con el valor de 1,36 Km.

El consumo de autonomía con un recorrido de 1,36 km en la muestra número 10 arroja un resultado teórico de 2% de consumo de batería, en la Tabla 19 se va a realizar una comparación y se obtendrá la diferencia con el valor real y su respectivo rango de error.

Consumo de Autonomía Batería Teórica	2%
Consumo de Autonomía Batería Real	1,97%
Diferencia de Autonomía Teórica- Real	0,03%
Rango de error Aproximado	0,03%

Tabla 19: Rango de error entre consumo real y consumo teórico.

Fuente: Autores, 2017.

El resultado obtenido con el desarrollo del diseño de experimentos para obtener un modelo matemático que permita describir el consumo teórico lleva a un resultado bastante optimo debido a que las diferencia entre el resultado teórico y real no presenta un rango de error muy significativo llevando a validar la ecuación obtenida con la regresión como modelo matemático óptimo para la determinación del consumo de autonomía de la batería del VE con respecto al porcentaje de pendiente teniendo como distancia de recorrido 1,36 km.

4.8. Determinación de Autonomía de Real

Con este último cálculo se busca el valor real de consumo de autonomía, el cual se lo obtiene al restar el consumo de batería real del valor de consumo de batería teórico al inicio de cada prueba y con ayuda de la ecuación 3, calculamos la Autonomía real. La Tabla 20 muestra los valores utilizados.



Número de Pruebas	Recorrido (Km)	% de Carga al Inicio de la prueba	Consumo de Autonomía Real	% de Carga real al fin de la prueba
59	0,75	64,5	0,93	63,57
10	1,36	72	1,97	71,03

Tabla 20: Valores para Cálculo de autonomía del Vehículo Eléctrico.**Fuente:** Autores, 2017.

Comparación de consumo de autonomía con el valor de 0,75 Km.

Se usa el porcentaje de autonomía de batería real al final del recorrido de 64,7 % en la prueba 59 con un recorrido de 0,75km, debido a que es el valor real final y que a partir del mismo se tendrá el dato exacto de cuántos kilómetros de autonomía real le quedan aún al vehículo.

$$\text{Autonomia Real} : \left[\frac{63,57(\%)*165(Km)}{100(\%)} \right]$$

Autonomia Teorica = 104,89 Km de autonomía real con un recorrido de 0,75 Km.

La Tabla 21 muestra la diferencia entre la autonomía teórica y real cuando el recorrido es de 0,75 Km, se observa que la diferencia entre las mismas no es significativa teniendo un valor reducido de 1,53% de error, esto hace que el modelo matemático obtenido en la regresión cumpla con un rango de estimación del consumo de autonomía bastante favorable.

Autonomía Teórica(Km)	106,42
Autonomía Real (Km)	104,89
Diferencia(Km)	1,53
% de error	1,53

Tabla 21: Autonomía Teórica con un recorrido de 0,75Km.**Fuente:** Autores, 2017.

Comparación de consumo de autonomía con el valor de 1,36 Km.

Se usa el porcentaje de autonomía de batería de 71,03% en la prueba 10 con un recorrido de 1,36 km, debido a que es el valor real final y que a partir del mismo se



tendrá el dato exacto de cuántos kilómetros de autonomía real le quedan aún al vehículo.

$$Autonomia Real: \left[\frac{71.03\% \cdot 165Km}{100\%} \right]$$

Autonomia Real = 117,19 Km de Autonomía real con un recorrido de 1,36 Km.

La Tabla 22 muestra la diferencia entre la autonomía teórica y real cuando el recorrido es de 1,36 km, se observa que la diferencia entre las misma no es significativa teniendo un valor reducido de 1,61, esto hace que el modelo matemático obtenido en la regresión cumpla con un rango de estimación del consumo de autonomía de la batería bastante favorable el mismo que es usado posterior mente para el cálculo de autonomía real y esta tenga una medida de aproximación muy aceptable.

Atomía Teórica (Km)	118,80
Autonomía Real (Km)	117,19
Diferencia (Km)	1,61
% de error	1,61

Tabla 22: Autonomía Teórica con un recorrido de 1,36Km.

Fuente: Autores, 2017

4.9. Efecto incremental de las Variables Independientes.

En el análisis del efecto incremental se observa cuáles de las variables son las de mayor influencia con datos para el modelado de la ecuación matemática, las mismas se presentan en la Figura 54.

Se observa que la variable con más aporte de información es la variable de recorrido con un porcentaje mayor al 35% de datos, le sigue el porcentaje de pendiente el cual tiene una participación mayor al 30%, y con menor contribución para el modelado está la variable de carga la cual no supera el 10% de datos informativos contribuidos a lo cual no implica que su información no sea importantes para deducir la ecuación de consumo de autonomía de la batería.

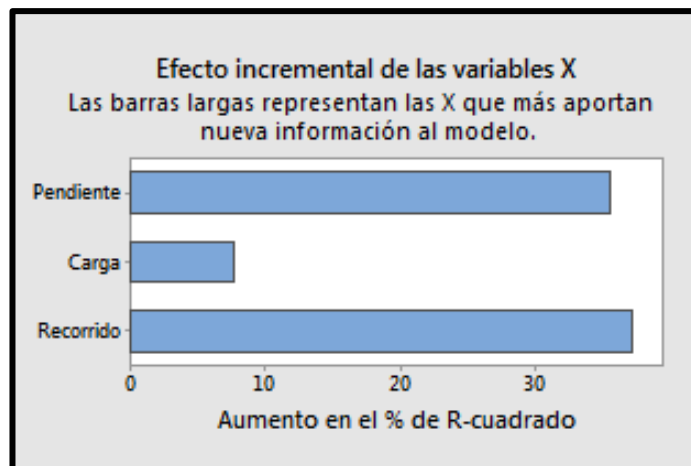


Figura 54: Barras de efecto incremental.

Fuente: Autores, 2017.



Conclusiones

- La recolección de información bibliográfica da a conocer el grado de difusión tecnológica que abarca el área de vehículos eléctricos, también muestra avances significativos que se han logrado desde los primeros prototipos hasta los vehículos eléctricos que se encuentra en la actualidad y la proyección a futuro con respecto a innovaciones, estaciones de carga, masificación y la mejora de su característica más importante la autonomía de batería.
- La ayuda del equipo GPS Garmin es fundamental para la obtención de datos y características de las rutas seleccionadas, información que nos facilitó el desarrollo del diseño de experimentos al darnos la información precisa del porcentaje de pendiente, recorrido y gráficas de altimetría para la elaboración del mismo.
- La caracterización de rutas se presenta con el fin de tener condiciones de recorrido a las que el vehículo eléctrico se enfrenta y en donde se prueba su autonomía, esto sumado a factores no controlables por el equipo de muestreo nos arroja datos lo más cercanos a condiciones reales de trabajo llevando al proyecto a un confiable grado de respuesta.
- El diseño de experimentos tiene gran relevancia en el proyecto ya que de la manipulación de las variables que se incluyen en el mismo depende en gran medida el correcto resultado de los modelos matemáticos finales que se obtienen con la regresión y que ayudaran a validar el estudio.
- Los resultados obtenidos con el software Emolab 2.0.1. muestran el consumo teórico de autonomía de la batería, el mismo es punto de comparación frente a los resultados de los modelos matemáticos de consumo de batería real que se obtienen con la regresión, estos se ordenan y procesan de manera que se



evita confusiones de resultados ya que esto altera las pruebas e influiría en el modelado de las ecuaciones de consumo de autonomía.

- Las ecuaciones de consumo de autonomía de la batería que se obtienen con la regresión son de primer grado, esto nos muestra un comportamiento lineal en la variable de respuesta que es consumo de autonomía de la batería con respecto a las variables que influyeron sobre la misma distancia de recorrido, carga y porcentaje de pendiente.
- Al concluir el presente trabajo se determinó que la variable que tiene mayor influencia en el consumo de la batería es la distancia de recorrido en una determinada pendiente presente en la vía y la variable que menor influencia tiene es la carga del vehículo, esto se comprobó mediante la gráfica de efectos principales para cada variable. En donde se observa que la gráfica de la distancia de recorrido y la pendiente de la vía tienen una mayor interacción con la variable de consumo.
- Con la ecuación que se obtuvo al realizar una regresión múltiple sobre el consumo de autonomía de la batería se hace una comparación entre el valor teórico y el calculado por el software se obtuvieron valores de error de 7% para el recorrido 0.75 Km y 3% para el recorrido de 1.36Km, estos valores de error son muy aceptables ya que indican que tanto el experimento como la toma de datos se realizó correctamente.
- En cuanto a la comparación del consumo de autonomía teórico frente al consumo de autonomía real se muestra un porcentaje de diferencia de 1,53% entre ellas, este resultado muestra un grado de error muy pequeño lo que lleva a una respuesta válida obtenida con la regresión comparada con la teórica, validando los modelos matemáticos para la obtención del consumo de autonomía de batería con respecto al porcentaje de pendiente.



Recomendaciones

- Se debe tomar en cuenta que el GPS que se usó para tomar las muestras tiene un retraso al momento de tomar los datos por lo tanto esto genera un ligero error a la hora de medir las distancias de recorrido en la toma de muestras por lo tanto se debe realizar el recorrido con una velocidad moderada para que los datos sean tomados con la mayor exactitud posible, ya que esto puede alterar los resultados de los análisis posteriores.
- También se recomienda usar un sistema de medición del consumo de batería directamente en el motor ya que los datos que se recopilan en el software EMOLab 2.0.1 se pueden llegar a alterar por cualquier perturbación externa ya que la conexión al vehículo se realiza mediante el OBDII y el bluetooth de la computadora.
- Se debe tener en cuenta que para un mejor análisis de resultados se debe adquirir un número mayor de muestras para analizar debido a que el porcentaje de error disminuye con el aumento de las mismas.
- Para un mayor grado de exactitud se debe de respetar en un 100% el orden del protocolo de pruebas ya que al no hacerlo se corre el riesgo que los datos obtenidos difieran de las demás muestras llevando a un aumento del error, esto también puede derivar en la obtención de residuos muy grandes lo que no beneficia en los resultados de la regresión.
- Al realizar el muestreo se debe de colocar el respectivo nombre a cada muestra al finalizar la misma con esto se evita confusiones en los datos e información adquirida lo que también evita aumento de errores y resultados indeseados.



Bibliografía

- [1] S. Gil, R. Prieto, “Los autos eléctricos: ¿hacia un transporte más sustentable?” <http://www.petrotecnica.com.ar/junio13/notas/AutorElectricos.pdf>, Petrotecnia, 13(3), 42-48 (2013).
- [2] Zoulficar Younesa, Laurence Boudeta, Frederic Suarda, Mathias Gerardb, Roland Rioux, Analysis of the main factors influencing the energy consumption of electric vehicles, 10.1109/IEMDC.2013.6556260, Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA), 2013.
- [3] Szyliowicz, Joseph, “Movilidad Sostenible”, <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001314/131442s.pdf>, Revista internacional de Ciencias Sociales, 176, 9-10, 03-2003.
- [4] Rivas Oriol, “Vehículos Eléctricos para Flotas” Instituto para la diversificación y ahorro de energía, http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12144_G003_VE_para_flotas_2012_f3176e30.pdf, 22-23, (2014).
- [5] EMOV EP, "Informe de la Calidad de Aire" Ilustre Municipalidad de Cuenca, http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/links_doc_contaminantes/Informes%20Claudia%20Calidad%20del%20Aire/Calidad%20del%20Aire%20final%202015.pdf, (2015)
- [6] IDAE, “Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica” Instituto para la diversificación y ahorro de energía, http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Movilidad_Electrica_AC_C_c603f868.pdf, (2012).
- [7] Martin Pérez Ana, “Guía del Vehículo Eléctrico” Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Vehiculo-Elctrico-II-fenercom-2015.pdf>, 1(2), (2015).
- [8] Herrera G. Blanca R., “Programa Universitario de Recolección de pilas” Universidad Veracruzana, <https://www.uv.mx/orizaba/cosustenta/files/2014/05/Taller-pilas-Blanca-Rosa-Herrera.pdf>, 16-20, (2014).
- [9] Centro Técnico de Galicia, “Operativo de cooperación trasfronteriza España Portugal”, http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/red-de-autoridades-ambientales-raa-/07_edemiguel_poctep_tcm7-376954.pdf, (2013).



- [10] Salvador Gil “Los Autos Eléctricos: Hacia un transporte más sustentable”, <http://www.petrotecnica.com.ar/junio13/notas/AutorElectricos.pdf>, (2013).
- [11] Martin Pérez Ana, “Guía de Vehículos Eléctricos”, <http://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/Guia-del-Vehiculo-Electrico-2009-fenercom.pdf?id=127>. (2009).
- [12] Fundación de Energía de la Comunidad de Madrid (FEDERCOM),”Guía de Vehículo Eléctrico”, <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Vehiculo-Electrico-II-fenercom-2015.pdf>, 2015.
- [13] Carolina Morente Fernández, Análisis y Modelado del comportamiento de baterías para vehículos eléctricos, Tesis de Titulación, Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad Carlos III Madrid, Madrid, España (Febrero 2015)
- [14] Claudio Marcelo Bueno Juela, Juan Christian Quizhpe Sinchire, Determinación de la Autonomía real del vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca mediante análisis experimental, Tesis de Titulación, Laboratorio de Movilidad Eléctrica, Cuenca, Ecuador (Agosto 2017).
- [15] Javier José García Carballo, Estudio para la implementación de Vehículos Eléctricos en Canarias, Instituto tecnológico de Canarias, Canarias, España (Noviembre 2013).
- [16] Martin Moreno Juan Antonio, Herramientas de simulación del Vehículo Eléctrico, Tesis de Titulación, Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad Carlos III Madrid, Madrid, España,(Julio-2013).
- [17] Martínez Bertrán Jaume, Métodos de Estimación de Estado de Carga, Grado de Tecnologías Industriales, Escola Tecnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. (Abril, 2017).
- [18] García Ruiz Melissa, Pasado Presente y Futuro del Vehículo Eléctrico, Proyecto de grado de Tecnólogo Eléctrico, Universidad Técnica Pereira, (2015).
- [19] Araujo Asad Edy, Estudio y Análisis del Sistema de Freno Regenerativo del Vehículo Híbrido Toyota Prius, Universidad Internacional del Ecuador, (Agosto,2015).
- [20] Torres Sarmiento Juan David, Estudio de viabilidad en la implementación de Vehículos Eléctricos en la Ciudad de Cuenca, Tesis de Titulación, Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana,(2015).
- [21] Morente Fernandez Carolina, Análisis y Modelado del Comportamiento De Baterías Para Vehículos Eléctricos, Universidad Carlos III Madrid, (Febrero, 2015).
- [22] Morales Quintana Blas, Modelo de masificación de Vehículo Eléctrico, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Nacional de Colombia, (2014).
- [23] Esquivel R. Erick-Mendoza P. Julio, Aumento en la Autonomía de la Batería de un Vehículo de Tracción Eléctrica a Través de Calor”, Instituto Politécnico Nacional de México,(2013).



- [24] Martínez Cerros Juan Martin, Control de un sistema de tracción de un vehículo Eléctrico, Universidad Autónoma de Nuevo León-Mexico,(Abril,2014).
- [25] Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar, Análisis y diseño de experimentos, 3a edición, 1-11, McGraw-Hill, Madrid, España, 2012
- [26] Kia(2015), Kia Motors Corp. Manual de Propietario.
- Cristen Conger, “Will lithium-ion batteries power cars?”
- <https://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/vehicles/lithium-ion-battery-car.htm>,9 de Junio (2006).



Anexos

Proceso de Programación:

Las siguientes líneas de programación se muestran el proceso para la obtención de las gráficas de altimetría.

De igual manera se realizó el procedimiento para todas las rutas de la siguiente forma:

Se colocando Clear all este comando ayuda eliminando las variables en la ventana de trabajo y clc es muy útil porque limpia la ventana de comandos, con los dos se inicia la hoja de programación.

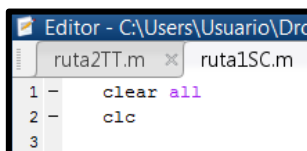


Imagen: Inicio de Programación.

Fuente: Autores, 2017

Se colocan hold on y hold off (línea 4 y línea 26) entre los datos que van a ser llamados para graficar y caracterizar los tramos con este comando se logra graficar todos los tramos en una misma imagen caso contrario solo se dibuja las características del último tramo.

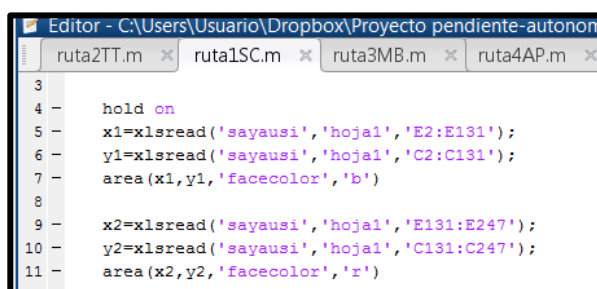
La siguiente línea (5) tiene escrito el comando `x1= xlsread('sayausi', 'hoja1', 'E2:E131')` el cual nos va a ayudar a llamar a el archivo que se encuentran ordenados en Exel, `x1=xlsread` sirve para que los datos introducidos aporten valores en el eje x, la palabra 'sayausi' nos ayuda para guiar al software matemático hacia el archivo en donde se guardó la información, la palabra 'hoja1' nos indica en que hoja de trabajo del archivo de Excel se encuentran los datos, la letra 'E' nos indica la columna que se



usara para la gráfica en este caso son los datos de la distancia que serán llamados, los números 2 y 131 nos indican la fila en donde inician y terminan los datos que se usaran, prácticamente serían los límites de esa gráfica.

Se procede igual para la siguiente línea (6) pero en este caso los datos introducidos graficarán la altura.

La próxima línea (7) tiene el comando `área(x1, y2, 'facecolor', 'b')`, el cual nos sirve para colorear esa parte de grafica entre los puntos de inicio hasta los puntos en donde terminan impuestos anteriormente, la palabra `área` sirve para indicar que se va a trabajar sobre esta sección, `x1- y1` nos indican los datos que componen el área sobre los cuales se va a colorear, el comando `'facecolor'` que indica al programa el área que se va a colorear con un determinado color, la letra `'b'` indica el color del cual se va a colorear el área, se coloca iniciales de los colores en el idioma ingles para este caso usamos como ejemplo la letra `'b'` de `'black'` porque se coloreo de negro en este tramo de la ruta de la Y de Sayausi-Tres cruces en el Parque Nacional del Cajas.



```
Editor - C:\Users\Usuario\Dropbox\Proyecto pendiente-autonomi
ruta2TT.m x ruta1SC.m x ruta3MB.m x ruta4AP.m x
3
4 hold on
5 x1=xlsread('sayausi','hoja1','E2:E131');
6 y1=xlsread('sayausi','hoja1','C2:C131');
7 area(x1,y1,'facecolor','b')
8
9 x2=xlsread('sayausi','hoja1','E131:E247');
10 y2=xlsread('sayausi','hoja1','C131:C247');
11 area(x2,y2,'facecolor','r')
```

Como se puede ver en las líneas de programación se colocan cuatro veces esta serie de comandos debido a que son cuatro tramos en los que dividió esta ruta, con la diferencia de `x1-y1` es el primer tramo, `x2-y2` el segundo tramo, `x3-y3` el tercer tramo, `x4-y4` el cuarto tramo, también se puede ver que en la parte de columnas y filas en donde se toman los datos siguen en secuencia es decir que retoma desde la siguiente fila en donde se quedo en el tramo anterior es decir para el primer tramo `'E2:E131'`, para el segundo `'E131:E247'`, el tercero `'E247:E510'` y para el cuarto tramo `'E510:E1035'` estos datos son usados para graficar cada tramo y tener la Figura completa de toda ruta, también se diferencian en las letras, por los colores que se colocaron en cada tramo con las iniciales de cada color en ingles **black**, **red**, **yellow**, **green**. Los colores que en español serian negro, rojo, amarillo, verde respectivamente.



En las líneas 21 y 22 se colocan los comandos `xlim` y `ylim` los mismo que nos sirven para dar límites en los ejes coordenados en la gráfica de la altimetría y se pueda mostrar la misma completa, todos los valores de X que cubre de 0 a 58000 metros de distancia y en Y que cubre la distancia de 2764 a 4200 metro de altura.

```
12 -  
13 - x3=xlsread('sayausi','hoja1','E247:E510');  
14 - y3=xlsread('sayausi','hoja1','C247:C510');  
15 - area(x3,y3,'facecolor','y')  
16 -  
17 - x4=xlsread('sayausi','hoja1','E510:E1035');  
18 - y4=xlsread('sayausi','hoja1','C510:C1035');  
19 - area(x4,y4,'facecolor','g')  
20 -  
21 - ylim([2764,4200])  
22 - xlim([0,58000])
```

En las líneas 23, 24, 25 de programación se muestran el comando `text(300,3020, 'Pendiente=4,27%')` con lo que vamos a decir al programa para colocar una frase o texto en la gráfica para eso se coloca primero la palabra `text`, los números 300 y 3020 son las coordenadas o puntos en el eje X y en el eje Y en donde se van a localizar el texto, la palabra entre comillas `'pendiente=4,27%'` es el texto que se va a colocar.

Como el trayecto de esta ruta se dividió en tres tramos de subida se coloca tres veces este comando con la diferencia del porcentaje de pendiente del segundo que es 4.47% y del tercero 4,77%.

Como ya se mencionó anteriormente se coloca el comando `hold off` (línea 26) para graficar todos los tramos unidos en un misma gráfica.

En la línea 30 se coloca el comando `title` el que sirve para colocar el título central de la gráfica, el texto entre paréntesis es el texto del título o más bien el nombre de la ruta a las que se caracterizó.

El comando `xlabel` es utilizado para colocar el nombre de los datos utilizados en este eje de la gráfica, como se utilizó los datos de la distancia en el eje x se coloca Distancia como un subtítulo y m (metros) que es la unidad de medida.

El comando `ylabel` también es utilizado para colocar el nombre en este eje de la gráfica, como se utilizó los datos de la altura en el eje y se coloca Altura como un subtítulo y m (metros) que es la unidad de medida.



```
23 - text(300,3020,'Pendiente=4,27%');  
24 - text(10500,3420,'Pendiente=4,47%');  
25 - text(20520,3920,'Pendiente=4,77%');  
26 - hold off  
27 -  
28 - |  
29 -  
30 - title('Ruta Sayausi-3 Cruces')  
31 - xlabel('Distancia(m)')  
32 - ylabel('Altura(m)')
```

Para el resultado final hacemos correr el programa y se obtiene graficas similares a: Ruta Turi-Tarqui.

